N° d'ordre : 55

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE BESANÇON

POUR OBTENIR

LE DIPLOME DE DOCTEUR DE 3e CYCLE SPÉCIALITÉ GÉOLOGIE APPLIQUÉE

PAR

Bernard GRIVEAUX
Licencié ès-Sciences

THÈSE

CONTRIBUTION A L'ETUDE GEOLOGIQUE DES VOSGES MERIDIONALES ENTRE SERVANCE ET CHAMPAGNEY (Hte-Saône)

Soutenue le 13 DEC 1966 devant la Commission d'Examen

JURY : MM. **DREYFUSS,** Professeur — Président
THÉOBALD, Professeur
THIEBAUT, Professeur — Examinateurs

N° d'ordre : 55

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE BESANÇON

POUR OBTENIR

LE DIPLOME DE DOCTEUR DE 3° CYCLE SPÉCIALITÉ GÉOLOGIE APPLIQUÉE

PAR

Bernard GRIVEAUX
Licencié ès-Sciences

THÈSE

CONTRIBUTION A L'ETUDE GEOLOGIQUE DES VOSGES MERIDIONALES ENTRE SERVANCE ET CHAMPAGNEY (Hte-Saône)

Soutenue le 13 DEC 1966 devant la Commission d'Examen

JURY : MM. **DREYFUSS,** Professeur — Président
THÉOBALD, Professeur — Examinateurs
THIEBAUT, Professeur — Examinateurs

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

UNIVERSITE DE BESANCON

FECULTE DES SCIENCES

-*-*-*-

Doyen Honoraire : M. GLANGEAUD

Professeurs Honoraires : MM. BAILLAUD, DUFFIEUX, THIRY

TRILLAT, UEBERSFELD, VINCENSINI

Maître de Conférences Honoraire : M. GRANIER

DOYEN.....	M.	JACQUEMAIN.....	: Chimie Appliquée
ASSESSEUR.....	M.	MESNAGE.....	: Chronométrie
PROFESSEURS.....	MM.	TRONCHET.....	: Botanique
		CHATELET.....	: Mathématiques
		PERROT.....	: Chimie Générale
		DREYFUSS.....	: Géologie Minéralogie
		THEOBALD.....	: Paléontologie et Géologie stratigraphique
		QUANTIN.....	: Botanique
		CHALEAT.....	: Mécanique Appliquée
		NAHON.....	: Mécanique Générale
		BERNARD.....	: Chimie Physique
		RIPPLINGER.....	: Physiologie Animale
		RIGAL.....	: Calcul numérique
		VIENOT.....	: Physique
		THIEBAUT.....	: Géologie Minéralogie
		GOMOT.....	: Zoologie
		PLUVINAGE.....	: Physique Théorique
		ARBEY.....	: Astronomie
		GALATRY.....	: Physique
PROFESSEUR ASSOCIE.....	M.	DEFIX.....	: Mécanique Appliquée
PROFESSEURS SANS CHAIRE.	MM.	POTIER.....	: Physique des Solides
		DEVIN.....	: Chimie Générale
	Mlle	LEGRAND.....	: Botanique
	MM.	REAL.....	: Zoologie
		VALLEE.....	: Mathématiques Appliquées
		GOUARNE.....	: Mathématiques
		CERUTTI.....	: Chimie Appliquée
MAITRES DE CONFERENCES	MM.	THEOBALD J.G....	: Spectroscopie Hertzienne
		BONNEAU.....	: Astronomie
		PARIZET.....	: Mathématiques
		HARTMANN.....	: Physique
CHARGES D'ENSEIGNEMENT	MM.	REMOND.....	: Chronométrie
		MASSONIE.....	: Mathématiques
CONSEILLER ADMINISTRATIF UNIVERSITAIRE		Monsieur LAMBERT	

-*-*-*-*-*-*-*-*-*-

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547626_0012

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à Monsieur le Professeur THIEBAUT qui a bien voulu nous confier cette étude. Les précieux conseils qu'il nous a prodigués au Laboratoire et les conditions matérielles très favorables qu'il nous a procurées nous ont permis de réaliser ce travail.

Nous sommes très sensibles à l'honneur que nous font Monsieur le Professeur DREYFUSS, Directeur du Centre de Géologie Appliquée, de bien vouloir présider le Jury et Monsieur le Professeur THEOBALD d'accepter de faire partie de ce Jury et de nous avoir accompagnés sur le terrain.

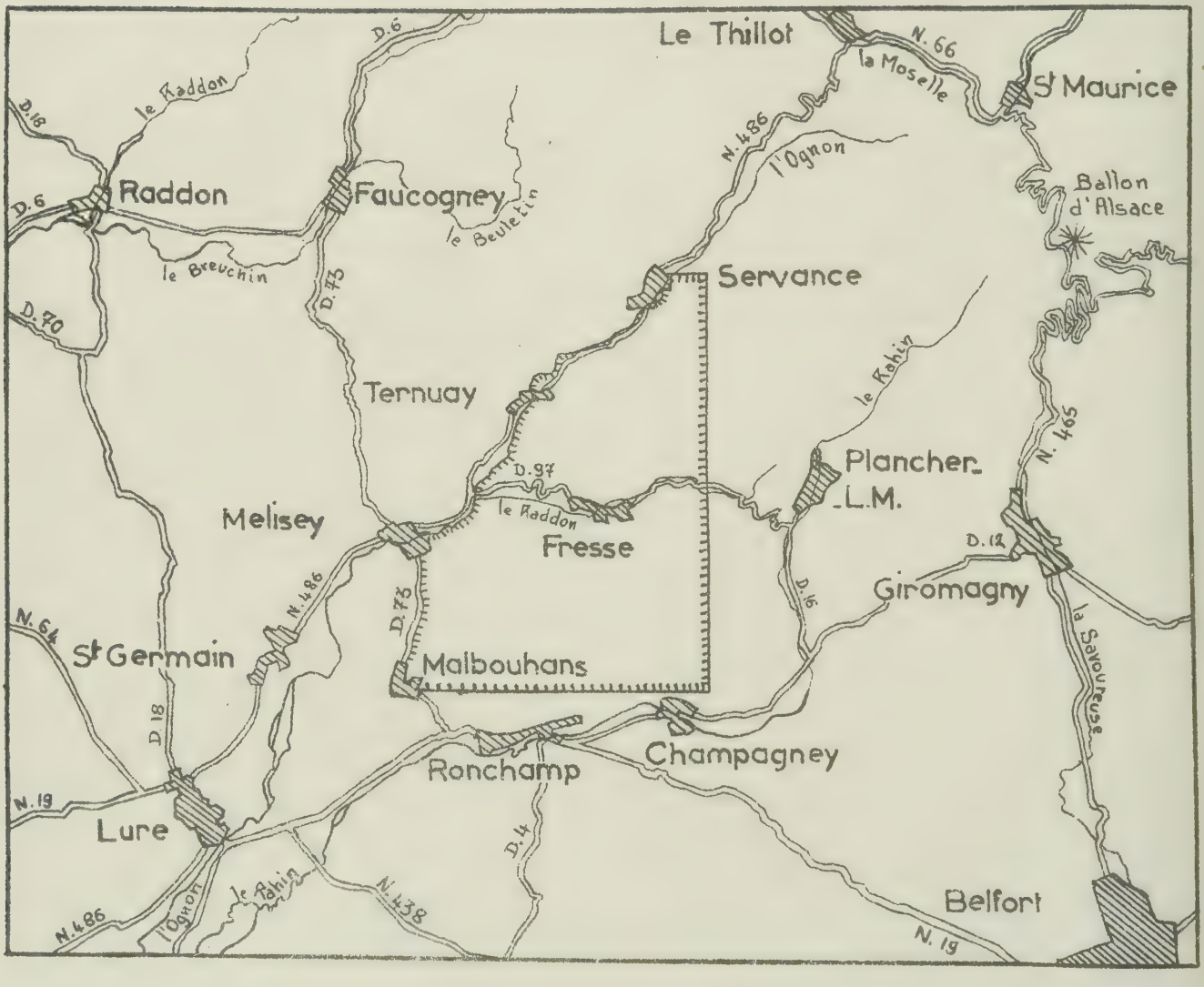
Nous remercions Mademoiselle MORRE pour l'aide substantielle qu'elle nous a apportée dans notre travail de laboratoire.

Nos vifs remerciements s'adressent à Madame RABBE qui nous a guidés dans nos déterminations paléontologiques, ainsi qu'au personnel du Laboratoire de Pétrographie qui a participé à l'élaboration matérielle de ce travail : Mademoiselle BEAUSEIGNEUR, Madame BOQUESTAL et Monsieur TRUCHE.

Nous remercions également Messieurs PASTEUR et PEGUENET.

. PLANCHE I .

. PLAN DE SITUATION GEOGRAPHIQUE .



ECHELLE : 1/200.000

INTRODUCTION

Le présent travail consiste en une étude cartographique, pétrographique et métallogénique de la partie centrale de la feuille de Lure au 1/50.000ème, ayant pour base un levé au 1/25.000ème.

Comme le montre la planche I, la zone cartographiée est située à 14 Km environ au N.W. de Belfort et à 8 Km environ au N.E. de Lure. Elle peut se représenter par un triangle rectangle dont le sommet dirigé vers le Nord est légèrement tronqué par le parallèle de Servance.

- Le côté oriental est figuré par le méridien du Magny, situé à 1 Km à l'Est de Champagney. Il coupe la route D. 97 au Larmet, la route D. 133 à la Grève.

- Le côté méridional est figuré par le parallèle de Malbouhans; il passe à 1,2 Km au Nord de Ronchamp.

- Le côté occidental est représenté par l'Ognon de Servance à Melisey, puis par la route D. 73 de Melisey à Malbouhans.

Du point de vue topographique, cette région est dominée par quelques sommets : le Mont Cornu (797 m d'alt.), le Mont Gillot, la Montagne de Fresse, le Bois du Sapoz (880 m), le Mont de Vannes et le Bois du Plainet (834 m).

Du point de vue hydrographique, la rivière principale : l'Ognon de direction N.E. - S.W., reçoit sur sa rive gauche deux rivières qui coulent suivant une direction Est-Ouest :

- La Doue de l'Eau dont le confluent est situé immédiatement

en aval de Servance ; sa vallée est suivie par la route D.133.

- Le Raddon, dont le confluent est situé en aval de Belomchamp, sa vallée est suivie par la route D.97 desservant Plancher-les-Mines via Fresse.

Au Sud, le ruisseau du Rhien se dirige vers le Rahin qui se coude à la sortie de la vallée de Plancher-les-Mines pour arroser Ronchamp.

Du point de vue géologique, cette région des Vosges méridionales fut étudiée par M.E. THIRRIA (1833) et A. DELESSE (1847). Ch. VELAIN et A.L. MICHEL-LEVY y firent des travaux de 1902 à 1910 pour l'édition de la feuille de Lure et Mulhouse Nos 100 et 101, puis de 1935 à 1940 pour la seconde édition de la feuille de Lure n°100 de la Carte Géologique de France au 1/80.000ème.

Pour la région considérée, cette carte n'apporte pas de modifications notables à la carte géologique des Vosges hercyniennes au 1/200.000ème de J.JUNG (1928) - Cf. Pl. II.

R.W. KARPINSKI (1931) publia des levés géologiques de zones centrées uniquement sur les gîtes minéraux.

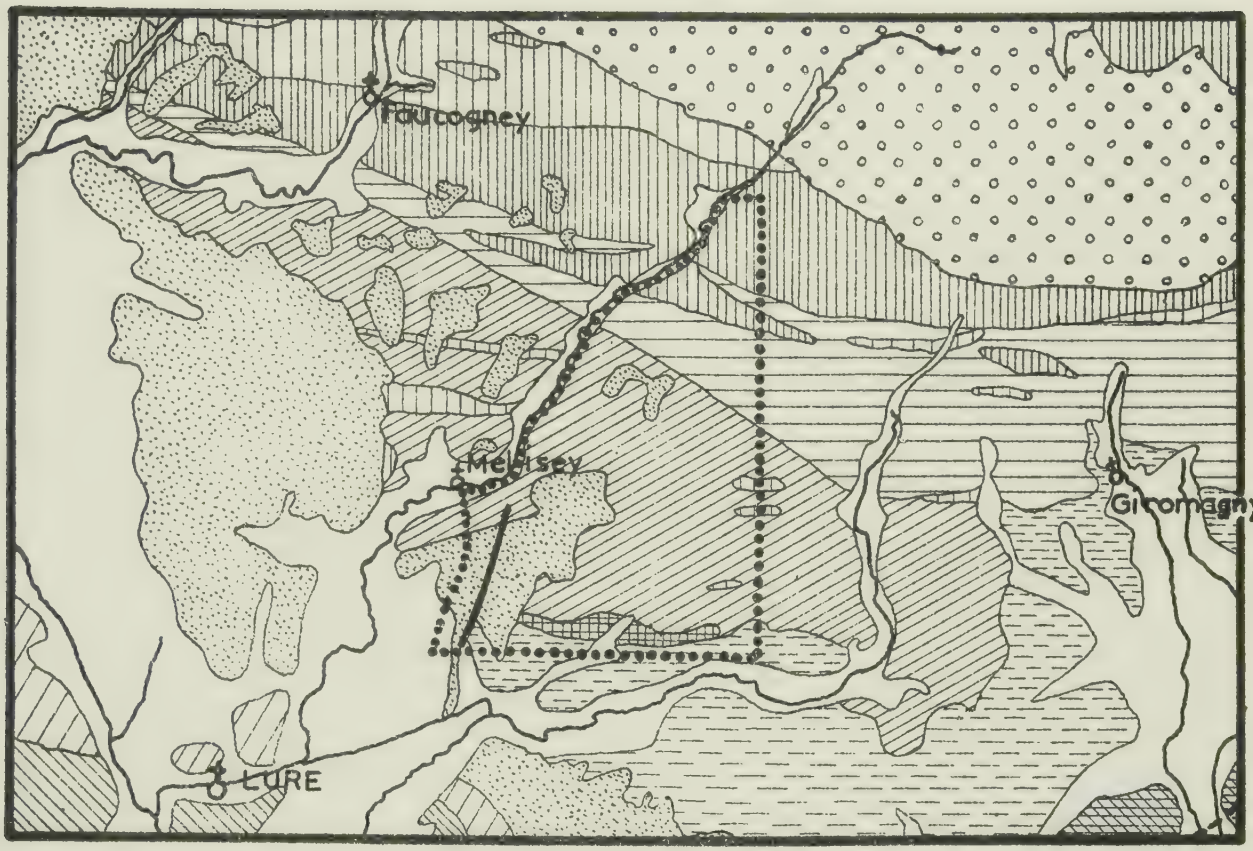
D'après la feuille de Lure, quatre grandes unités parallèles de direction N.W - S.E traversent la région étudiée. Il s'agit du Nord au Sud de bandes essentiellement constituées :

- D'ortho-albitophyres et tufs.
- D'orthophyres et orthophyres obsidienn
- De brèches, tufs labradoriques et orthophyriques, ainsi que de schistes, arkoses, grès et poudingues d'âge viséen.

Ces formations recoupent l'Ognon au Nord de Ternuay.

- Au Sud, la quatrième unité est formée de schistes et arkoses du Tournaisien et Dévonien supérieur. Les schistes et grès du Stéphanien représentent sa bordure méridionale, les grès du Trias sa couverture partielle.

-- PLAN DE SITUATION GÉOLOGIQUE --.



-- D'après J. JUNG -- 1928 --.

: Quaternaire.

: Keuper.

: Muschelkalk.

: Grès Bigarré.

: Permien.

: Stéphanien.

: Viséen.

: Tournaisien

: Dévonien.

: Roches volcaniques acides tournaisiennes.

: Roches volcaniques basiques tournaisiennes.

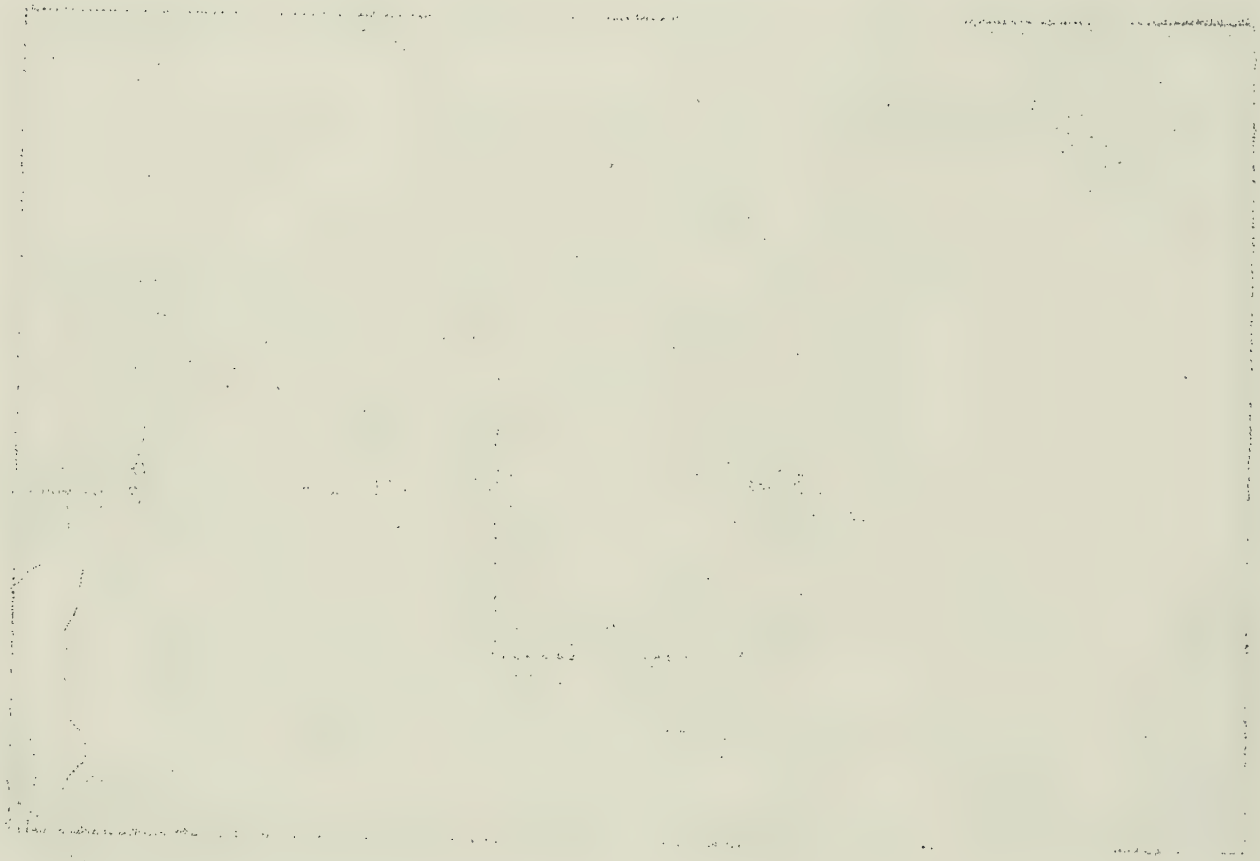
: Granite des Ballons.

: Granite porphyroïde des Vosges centrales.

: Faille.

: Limite de la région étudiée.

ÉCHELLE: 1 /200.000ème



- La région du Mont de Vannes et de Fresse fut l'objet d'une étude géologique lors de la réalisation de notre diplôme (1964).

M.DENISE et J.THIEBAUT (1963), J.GUERRILLOT(1964) ; A.ANDROZ et N.MORRE (1964) étudièrent les roches éruptives de la vallée de l'Ognon entre Melisey et Ternuay, Ternuay et le Them, et de la vallée de la Doue de l'Eau entre la Grève et Servance. D'autres travaux portent sur des secteurs voisins : au Nord, S.ZARAYAN (1959) a étudié les granites et roches associées de Château-Lambert ; au N.W., Y.GUINTRAND (1963) effectua l'étude géologique de la région de Faucogney-et-la-Mer ; à l'Est, Cl.FOURQUIN (1965 et 1966) a décrit un porphyre akéritique dans la région de Malvaux et la Goutte Louis et des tufs viséens dans la région du Puix-Gy

---

Le plan du présent travail suit la chronologie des problémes qui se sont posés pour sa réalisation :

- Les problèmes cartographiques, c'est à dire la situation géographique et géologique des différentes roches, leur reconnaissance sur le terrain, leurs modes de gisement, leurs relations entre elles, font l'objet de la première partie. Les notations que nous attribuons à chaque formation sont celles portées sur la carte géologique originale au 1/25.000ème. Les coordonnées moyennes que nous donnons d'un filon ou d'un massif sont celles du point équidistant des extrémités du filon ou du centre du massif.

- La seconde partie consiste en une étude pétrographique des formations rencontrées plus détaillée en ce qui concerne les roches éruptives.

- La troisième partie est consacrée à la description et à l'étude des gîtes minéraux (Mont de Vannes et Envers de la Grève) et à la minéralisation de certaines failles.

La carte géologique au 1/25.000ème et la légende des figurés placées à la fin de l'ouvrage sont rendues amovibles et peuvent donc être consultées à tout instant lors de la lecture du texte.

Cette carte est réalisée à partir de la carte originale au 1/25.000ème dressée lors de la présente étude et placée au Laboratoire de Pétrographie et Minéralogie de la Faculté des Sciences de Besançon.

CHAPITRE I

GEOLOGIE REGIONALE

Introduction

L'examen de la carte géologique au 1/25.000ème jointe à ce travail montre que deux unités importantes séparées par une région intermédiaire occupent la zone étudiée.

. La première unité, méridionale, occupe un peu moins des trois quarts de la surface totale. Sa limite septentrionale est approximativement la droite Ternuay - Larmet, de direction NW-SE. Il s'agit de la série volcano-détritique dévono-dinantienne, appelée autrefois "terrain de transition" par A.DELESSE (1847). Elle fut décrite par G.DUBOIS (1955), comme étant une série formée d'un complexe de roches sédimentaires marines variées représentant un faciès culm littoral, admettant des intercalations d'origine volcanique sous forme de coulées, brèches et tufs. Sur cette surface ainsi délimitée, les intercalations sont uniquement des coulées.

Cette unité est séparée de la grande masse de roches acides constituant la deuxième grande unité par la région intermédiaire.

. Celle-ci débute à la hauteur de Ternuay où elle mesure 1 Km environ de large et se dirige vers l'Est en augmentant de puissance pour atteindre 3,5 Km de large sur le méridien du Magny. A l'Ouest, la

série est tranchée par des bandes de tufs. L'extension de cette série sédimentaire diminuant, puis disparaissant, celle des tufs augmente pour ne former finalement qu'une masse imposante à l'Est, en contact avec les roches acides. De larges pointements de celles-ci affleurent déjà dans cette zone.

. La deuxième unité, septentrionale, est essentiellement représentée par des roches rouges acides laissant apparaitre quelques affleurements de tufs.

Disséminées dans ces formations essentielles qui représentent sur le terrain trois zones géologiques, existent des roches intrusives variées, filoniennes, de pointements ou de massifs de faible extension.

Il convient de faire une remarque importante valable pour toute l'étendue de la carte : malgré le nombre et la diversité des roches en contact, aucun phénomène de métamorphisme n'a pu être observé. La reconnaissance des roches sur le terrain nous conduit à en donner une description macroscopique précise en même temps que leur localisation géographique et géologique dans ce chapitre. Cette description est considérée comme acquise lors de l'étude pétrographique dans le chapitre II .

A - LA SERIE DEVONO-DINANTIENNE

1°) - Les pélites :

La majeure partie de la série sédimentaire comprend des pélites à schistosité presque constante; facilement reconnaissables sur le terrain. Ce faciès diffère de celui décrit au N.W. de cette région par Y.GUINTRAND (1963) et comprenant surtout des grauwackes grèseuses. Lors du dépôt de cette série, le fond marin devait donc présenter un bas fond à l'emplacement de la région.

Ces pélites généralement très fines présentent une schistosité concordante avec le litage. Elles sont de couleur brun-noirâtre au Mont de Vannes, gris sombre, gris ou brun violacé au Nord de Mourière, ou gris verdâtre au Nord de Champagney. Les pendages qui les affectent considérés dans leur ensemble, leur confèrent une disposition synclinale. A l'Ouest d'une ligne passant par Ronchamp et Fresse, la direction générale des pélites est N.W-S.E., puis se courbe à l'Est pour devenir E-W. Ce changement de direction donne au synclinal l'allure d'un arc de cercle de concavité tournée vers le Nord.

Son axe est figuré par la ligne St Barthélemy-le Roc du Plainet (x = 925,30 - y = 313,25)et passe au sommet du Mont de Vannes.

Les pendages du flanc septentrional s'adoucissent à partir de l'axe du synclinal, c'est à dire depuis les pentes du Mont de Vannes et de la Forêt d'Arobert,jusqu'aux environs de Ternuay comme le montre le tableau suivant :

Lieux	Coordonnées Lambert	Pendages
Fontaine Ste Barbe	x = 921,80 y = 315,12	75° SW
Sud du Requesson	x = 925,12 y = 314,55 x = 925,55 y = 314,45	80° SW 60° S
Nord du Chienoz	x = 922,92 y = 316,73	40 à 55° SW
Bois de Beutey	x = 921,55 y = 317,05	40° SW
Sous le Bambois	x = 921,87 y = 317,32	50° SW

Les pendages du flanc méridional oscillent autour de 50° N.E. et N

Lieux	Coordonnées Lambert	Pendages
Au Dignon	x = 921,65 y = 311,56	60° NE
La Grande Baisse	x = 923,38 y = 310,43	40° N
Les Planches	x = 926,47 y = 311,70	50° N

Localement, ces pélites deviennent plus ou moins grèseuses, mais de granulométrie assez fine, leur teinte est gris verdâtre. Exemple, au N.W. des Granges du Mont de Vannes : x = 920,35 - y = 315,08, où elles ont un pendage de 75° S.W. Le passage d'un type à l'autre se fait aussi bien latéralement que verticalement, de façon très irrégulière.

Lorsque le grain augmente de taille pour atteindre 2 à 3 mm, la roche devient rugueuse et plus résistante à l'érosion. Il s'agit alors de grès à ciment pélitique ou de grauwackes vert sombre encore plus grossières et où ,ous distinguons à l'oeil nu des cristaux de quartz et de feldspath. Leur litage les différencie à l'affleurement des roches éruptives vertes interstratifiées.

La faible extension de ces dépôts détritiques grossiers, leurs variations latérales et leur passage rapide aux pélites rendent impossible leur représentation sur la carte. L'ensemble est regroupé sous le signe h IV. Leur étude pétrographique rapide est donnée au chapitre II - A.

Age de la série :

N'ayant découvert aucun fossile au cours de cette étude, c'est aux découvertes antérieures que nous devons nous référer pour dater cette série.

Initialement, Ch. CARDOT (1911) signale la présence de Sphénoptaridium dissectum, GOEPPERT dans le ravin des Rondey, au Nord du Montaujeux (x = 926,00 - y = 317,20). Dans le prolongement E. - N.E. de cette série, N. THEOBALD (1954) découvre le même fossile dans la vallée de la Thur, ainsi que P. CORSIN, C. GAGNY et M. MATTAUER (1956) dans les schistes et grauwackes de la région de Fellering. De nouvelles découvertes sont faites dans cette même région par M. MATTAUER et N. THEOBALD (1957) puis près de Rimbach par M. MATTAUER (1959) dans une série essentiellement schisteuse, il s'agit de Chonetes papilionacées, PHILL.

Toutes assignent à cette série un âge viséen inférieur.

Le fait que ces récoltes récentes dans les régions voisines coïncident avec celle de Ch. CARDOT (1911) dans la série schsisteuse de ce terrain prouve le synchronisme de ces dépôts.

Deux faits justifient l'abandon de la distinction de deux bandes, l'une viséenne au Nord de Ternuay, l'autre tournaisienne au Sud indiquées

sur la feuille de Lure au 1/80.000ème :

- Tous les fossiles recueillis dans le Culm des Vosges méridionales appartiennent au Viséen (G. DUBOIS 1955).

- Aucune roche sédimentaire n'affleure au Nord du parallèle de Ternuay. Au Sud, la série est très monotone, elle présente sur toute sa puissance le même faciès : des pélites schisteuses admettant irrégulièrement de rares grauwackes.

2° - Les roches vertes :

Dans ces sédiments s'interstratifient des roches vertes en quantité beaucoup plus importante que ne l'indique la feuille de Lure. Du fait de l'érosion différentielle ces roches plus dures que les schistes encaissants présentent des reliefs notables et constituent "la squelette" de certaines collines (le Chiottet, le Sabotrot, les Vauteyeures, le Chottet au Nord de Champagney). Ceci facilite le repérage de ces affleurements. En plus de leur couleur verte prédominante ces roches sont reconnaissables à leur aspect homogène. A l'oeil nu, nous distinguons les textures aphanatiques qui dominent largement, des textures grenues à grain plus ou moins fin. De très belles roches vertes à texture porphyrique furent exploitées au Sud de Ternuay et sur le flanc occidental du Mont de Vannes.

Comme l'étude minéralogique et chimique le prouve (chapitre II A.) ces roches vertes de textures et structures variées représentent différents modes de cristallisation d'un magma andésitique à pyroxène. Leur notation cartographique est γ.

Les affleurements d'andésite se présentent sous forme de coulées de dimensions très variables et rarement sous forme de massifs comme au Sud du Plainet et au Sud du Coporot ($x = 926,62 - y = 314,00$). La majeure partie de la série sédimentaire en contient, sauf dans l'angle S.E. du terrain au Nord

de Champagney. Cette absence de roches éruptives coïncide avec le plongement des schistes vers le Nord.

La direction moyenne des coulées est N. 50° W., sensiblement parallèle à celle des schistes. La plus grande mesure 3,2 Km de long sur 1 Km de large. Au N.W., elle apparait sous le Trias du Mont de Vannes, présente sa puissance maximale au bois du Chavaney et se résoud au S.E. en longues digitations de 130 à 30 m d'épaisseur. D'autres grandes coulées de 1,5 à 2 Km de long sur 150 à 400 m de large sont situées sur les pentes du Mont de Vannes dominant les vallées de l'Ognon et du Raddon, ainsi que dans le Bois de Beutey, à l'Est de Belonchamp.

Entre ces masses importantes, les roches vertes se présentent sous forme de coulées beaucoup plus petites, de quelques mètres ou dizaines de mètres d'extension, ; et de nombreuses injections de quelques centimètres d'épaisseur parfaitement concordantes avec les schistes. Alors que ces dernières sont impossibles à figurer sur la carte, la cartographie des petites coulées est rendue difficile par leur répartition irrègulière et nécessite un quadrillage serré d'investigation de terrain. La méthode des coupes parallèles suffit au levé des grandes.

Bien que grossièrement concordantes dans la série, ces coulées produisent parfois à leur contact des rebroussements et des redressements des schistes. Des pendages verticaux sont ainsi relevés à 100 m au Sud du Pont de Ternuay (x = 921,97 - y = 318,39), au Sud du Mavoy (x = 922,92 - y = 313,03). Une voûte anticlinale de 5 m environ de rayon est observable dans un talus de chemin entre deux coulées au Sud du Plainet (x = 923,93 y = 312,95). Un banc de schistes horizontaux de 1 m d'épaisseur est observable à la scierrie du Creusot (x = 921,73 - y = 315,60). Etant isolé de la structure normale environnante par les andésites, ce banc que l'on suit jusque sur la route D.97 où il s'épaissit et s'incline, constitue une sorte d'"écaille" incurvée vers le sommet du Chatelet.

L'injection des laves volcaniques dans les sédiments a donc eu pour effet le remaniement d'un lambeau de schistes. Les variations de pendage des schistes liées aux coulées s'expliquent probablement par le jeu de la différence de plasticité lors des plissements hercyniens et postérieurs.

D'après la configuration des affleurements de roches vertes dans les sédiments, nous pouvont affirmer que leurs mises en place respectives sont en grande partie contemporaines, c'est à dire d'âge viséen inférieur.

Comme nous le signalons dans une note publiée aux Annales Scientifiques de Besançon (1966), nous avons découvert des laves présentant une architecture en pillow-lavas sous une de ces coulées andésitiques, au pied du flanc nord-occidental du Mont de Vannes au point de coordonnées x = 920,50 - y = 315,65. La base d'une paroi d'une ancienne carrière présente sur 20 m de long un empilement de coussins éllipsoïdaux dont le grand axe varie de 0,20 à 1,50 m. Entre ces coussins de roche verte homogène, la lave qui leur sert de matrice est assez épaisse, friable et à texture litée. Cf. Photos 1 & 2- Pl. A

3° - Les roches intrusives :

Sur cet ensemble, donc de mise en place postérieure, nous observons d'autres roches éruptives que nous localisons en deux zones :

a) - La première est en forme de croissant de convexité tournée vers le Sud. Son extrèmité occidentale se situe au Plain de la Broche, son renflement correspond à la Forêt d'Arobert, son extrèmité nord-orientale au Larmet.

Ces roches sont de deux types :

+ Les unes sont d'aspect homogène, de couleur gris-rose clair, à texture grenue à grain fin. Leur cassure fraîche montre de nombreuses petites lattes de feldspath de 0,5 à 1 mm en moyenne. L'étude minéralogique et chimique décrite ultérieurement (chapitre II D) révèle

la présence de microsyénites alcalines. Leur notation est γ 1mc. Quatre affleurements sont situés dans les pélites schisteuses, le contact est franc, subvertical :

- au Roc du Plainet : il s'agit d'un pointement allongé de 470 m de long, 60 m maximum de large, de direction E.W. nettement en relief dans la topographie. Les coordonnées moyennes sont x = 925,24 - y = 313,24.

- A l'Ouest du Roc du Plainet : il s'agit d'un pointement de 320 m sur 90 m environ, d'allongement semblable au précédent. Ses coordonnées moyennes sont x = 925,80 - y = 313,25.

Seuls ces deux affleurements sont signalés sur la feuille de Lure au 1/80.000ème.

- Au Sud du Roc du Plainet : il s'agit d'un petit pointement subcirculaire d'une quinzaine de mètres de diamètre. Ses coordonnées sont x = 924,95 - y = 312,82.

- Au N.E. du Roc du Plainet : ce pointement est semblable au précédent. Ses coordonnées sont x = 926,30 - y = 313,82. Un affleurement est en relation directe avec les andésites et les pélites au Plain de la Broche. Les contacts sont francs, subverticaux. Ses coordonnées sont x = 923,16 - y = 314,38.

+ Les autres sont de couleur gris verdâtre et de texture franchement grenue. Leur cassure fraîche présente un enchevêtrement serré de baguettes blanchâtres de feldspath de 2 à 5 mm de long, sur un fond microgrenu vert sombre. Leur composition minéralogique et chimique est celle d'une syénite albitique. (chapitre II D). Leur notation est γ 1c.

Il en existe quatre pointements : trois sont dans la zone définie ci-dessus, le quatrième est marginal, au Nord de Fresse. Aucun n'est signalé sur la carte géologique de Lure .

Tous sont dans les schistes qu'ils recoupent verticalement et sont de faible extension : 10 à 15 m de diamètre :

- au Sud du Requesson : x = 926,28 - y = 314,44
- au S.E. du Requesson : x = 926,02 - y = 314,37
- à l'Est du Requesson : x = 926,02 - y = 314,81
- au Nord de Fresse : x = 924,15 - y = 315,75

b) - La seconde zone de ces roches éruptives est une bande parallèle à l'Ognon, dont la base est représentée par le Raddon entre Fresse et son confluent.

Les roches intrusives qui affleurent sont de deux types principaux : les microgranites et les lamprophyres. Un pointement de roche rouge annonce la proximité de la région intermédiaire.

+ Les microgranites filoniens sont aisément identifiables : leurs affleurements sont en relief, surtout dans les schistes. Les filons sont rectilignes et leurs contacts verticaux avec les roches encaissantes : andésites et pélites, sont francs. Leur texture porphyrique et leur couleur rougeâtre ou rose verdâtre sont semblables d'un filon à un autre. La cassure des échantillons montre des phénocristaux automorphes de quartz (3 à 8 mm de diamètre) et de feldspath (de 1 à 1,5 cm parfois 8 cm de long sur 3 à 5 mm parfois 1,5 cm de large). Les micas sont souvent visibles.

D'après l'étude minéralogique et chimique (Chapitre II D) il s'agit de microgranites alcalins orthosiques. Leur notation est γ.

Les caractéristiques de ces filons sont les suivantes :

- Au Sud-Ouest du Mont Jean : filon très court, 5 à 6 m sur 2 à 3 m de large, de direction N. 153° E, situé dans les andésites. Ses coordonnées sont : x = 922,70 - y = 317,65.

- Au Pont sur le Raddon, au S.E. de Belonchamp : filon de direction N 153° E, de 10 m de long sur 3 m de large, situé dans les

andésites. Ses coordonnées sont x = 920,80 - y = 315,60.

Les filons suivants recoupent indifféremment pélites et andésites :

- Au mont Chatelet : filon parallèle aux précédents, long de 500 m et de puissance variant de 5 à 6 m. C'est le seul filon signalé sur la carte géologique au 1/80.000ème.

- A Raddon : filon de 640 m de long, de largeur pouvant atteindre 10 m. Sa direction est N 72° E, il coupe la route D.97 au point de coordonnées : x = 921,35 - y = 315,95.

- A la Combe : filon de 300 m de long sur 6 à 10 de large. Sa direction est la même que précédemment. Les coordonnées de l'affleurement à la ferme de la Combe sont x = 921,16 - y = 316,25.

M. DENISE et J. THIEBAUT (1963) donnent une étude précise de ces deux filons.

- A la Boursoie : filon de 400 m de long sur 7 m en moyenne de large, de direction parallèle à la précédente. Les coordonnées de l'affleurement à la ferme de la Boursoie sont : x = 922,00 - y = 316,40.

- Au Sud de la Boursoie : deux petits filons parallèles de direction N 40° E de 80 et 100 m de long sur 5 à 6 m de large. Le chemin d'accès à la Boursoie coupe le plus long au point de coordonnées : x = 922,07 - y = 316,28. L'autre est immédiatement au S.E.

- A 130 m au Sud du pont de Ternuay : il s'agit d'un pointement de microgranite au contact des andésites et des pélites. Son diamètre est de 4 à 5 m. Les phénocristaux mesurent 6 mm au maximum. Les géodes calcédonieuses et les filonnets de quartz qui recoupent la roche témoignent d'une silicification provoquée par la proximité probable d'un accident tectonique. Cette hypothèse est renforcée par la position du pointement en bordure immédiate de la vallée de l'Ognon dont l'origine est liée à la tectonique (M. RUHLAND 1959).

+ Le microgranite de massif a un aspect macroscopique très différent de celui des microgranites filoniens. Il n'est pas signalé sur la feuille de Lure.

Sa texture est grenue à grain fin; sa couleur rose-verdâtre. A l'oeil nu nous distinguons sur la cassure de fines baguettes de feldspath dont la taille varie de 1 à 3 mm selon les endroits du massif, ainsi que de nombreuses taches vertes.

L'étude minéralogique (Chapitre II D) prouve qu'il s'agit d'un microgranite alcalin albitique. Sa notation est γ'.

L'unique massif a une surface d'environ 0,16 Km2; il est situé dans les pélites qu'il recoupe franchement, au Nord du Volvet. Sur la pente tournée vers le Sud, ce contact est repérable dans la topographie par le ressaut qu'il y produit. Le chemin d'accès à la montagne de Fresse présente un affleurement au point de coordonnées x = 923,06 - y = 316,04.

+ Les lamprophyres.

Ils sont notés L sur la carte géologique au 1/25.000ème.

- Sur les quatre filons figurés sur cette carte, un seul affleurant au lieu dit "sous le Bambois" est signalé par la carte géologique au 1/80.000ème. Il est décrit par A. MICHEL-LEVY (1910) sous le nom d'"orthophyre micacé variolitique" et étudié par M. DENISE et J. THIEBAUT (1963). Cette dernière étude conclut à l'existence d'une minette quartzifère à texture sphérolitique.

. Dans la partie orientale du filon la roche est reconnaissable à sa couleur brun-rougeâtre, sa texture homogène et de nombreuses lamelles de mica noir de 1,5 à 4 mm.

. Dans la partie occidentale la roche prend une texture sphérolitique très nette. Une cassure fraîche montre des sphérolites vert sombre de 2 à 6 mm de diamètre sur un fond rougeâtre ; les paillettes de mica sont très fines : 1 mm pour les plus grandes.

Le filon de 250 m de long sur 5 à 6 m de large est de direction N 94° E. Il est accompagné à quelques mètres au Nord de son extrèmité occidentale par un petit filon de 10 m de long environ. Bien que dans leur ensemble subverticaux, les contacts de ce filon avec les pélites présentent localement (x = 921,64 - y = 317,20) des prolongements de quelques décimètres concordants avec les schistes. La faible viscosité de la lave au moment de sa montée dans les pélites explique sans doute ces injections de peu d'importance.

- Deux filons parallèles sont situés dans les pélites sur le flanc occidental du Mont Jean. Leur direction est N 61° E, leur longueur d'environ 100 m pour chacun, leur puissance de 5 à 6 m. Le lamprophyre du filon oriental est brun rougeâtre de texture homogène et présente des lamelles de mica noir de 5 mm maximum. Celui du filon occidental est rougeâtre, de texture presque aphanatique : seules les fines paillettes de mica sont visibles. Les coordonnées moyennes de ces filons sont respectivement :

x = 922,55 y = 317,87

x = 922,47 y = 317,88

- Un filon recoupant indifféremment andésites et pélites est situé au S.E. de Ternuay. Sa direction est N 172° E, sa longueur d'environ 100 m, sa puissance de 3 à 4 m. La roche qui le constitue est brun-verdâtre, de texture homogène et présente des lamelles de mica noir de 2 à 6 mm. Comme le microgranite situé à 300 m au N.W., cf. p. 14, ce lamprophyre témoigne de la proximité d'une zone de fracturation. Il est localement très altéré, silicifié ou bréchique. La brèche observée est constituée d'éléments anguleux de 3 à 4 cm pris dans un ciment hétérogène formé de fins débris de lamprophyre "emballés" dans de la calcédoine et du quartz.

L'étude minéralogique de ces lamprophyres confirmera leur nature de <u>minette quartzifère</u> à structure variée (Chapitre II D).

4° - La bordure sédimentaire :

La série dévono-dinantienne est bordée au Sud par les dépôts du Carbonifère et du Permien. Les sommets dominant la vallée de l'Ognon sont couronnés par le Trias.

a) - L'étude de la flore carbonifère portant sur des échantillons que nous avons prélévés près de Mourière confirme celle des auteurs et permet d'attribuer à ces dépôts un âge stéphanien. La coupe relevée au ruisseau de Mourière (x = 921,00 - y = 310,42) présente sur 19 m d'épaisseur une alternance de dépôts détritiques plus ou moins grossiers variant de pélites noires à débris végétaux, à des conglomérats. Cette série repose en discordance sur les pélites viséennes par l'intermédiaire de pélites gréseuses alors que plus à l'Est, elle débute par un conglomérat, ce que montrera la coupe de la Tançon, relevée au point x = 923,41 - y = 310,23. Son pendage est de 20° parfois 30° Sud.

Cette discordance est marquée dans la topographie par le pied du talus constitué des premières assises de la série carbonifère. Les collines de la Tête des Moulins au Sud du Rhien, et de la Tançon plus à l'Est, représentent le rebord du bassin houiller de Ronchamp. D'anciens puits d'exploitation (ex. Puits d'Etançon) sont situés sur le flanc méridional de ces collines.

Dans la dépression bordant leur flanc septentrional, la surface d'émersion de la série viséenne est obeervable au point x = 923,96 - y =310,49 Elle est inclinée de 15° vers le Sud. Sur 4 m2 environ les pélites schisteuses à contre-pente (40° Nord) sont recouvertes de dépôts rouges d'oxydes de fer qui cimentent des galets anguleux de pélite. La forme de ces galets et de leurs empreintes, leur taille oscillant entre 1 et 5 cm prouvent le remaniement sur place subi par les pélites du Viséen lors de la transgression des dépôts carbonifères.

La description macroscopique des faciès du Stéphanien est

donnée dans le chapitre II E. La notation cartographique est hs.

b) - Le Permien ne présente qu'un affleurement restreint au Nord de Champagney, au hameau du Bermont (x = 925,77 - y = 310,18). La coupe mesure seulement 2,50 m de haut sur une dizaine de long, elle occasionne un éboulement contre le mur d'une maison. L'altitude de cet affleurement par rapport à ceux des pélites schisteuses et la proximité de celles-ci nous font penser qu'à cet endroit le Permien (noté γ) est discordant sur le Viséen. Nous pouvons en déduire qu'en profondeur et au Sud il est également discordant sur le Stéphanien.

Son faciès est semblable à celui décrit par N. THEOBALD et J. THIEBAUT (1961) sous la butte du Rocheret au S.W. de Melisey. C'est pour cette raison que nous ne reviendrons pas sur cette étude.

Il s'agit de bancs de microbrèche de 20 à 30 cm d'épaisseur, qui se décomposent en boules à l'affleurement. Ils sont interstratifiés dans une argile rouge ou rouge violacé. Les éléments de la microbrèche ont une taille d'ordre millimètrique, ils atteignent parfois 2 cm. On ne distingue à l'oeil nu que quelques cristaux de quartz, de feldspath et quelques éléments de roches éruptives.

La carte géologique au 1/25.000ème modifie sensiblement les contours de ces formations portés sur la feuille de Lure.

c) - Le Trias confère au Bois du Mont de Vannes une allure tabulaire. Au Nord de la vallée du Raddon, il coiffe le Plain des Retey et la Montagne de Fresse.

La série subhorizontale s'incline de quelques degrés vers le S.- S.W. . Elle comprend à la base un conglomérat à galets de quartzite de 2 à 2,50 m d'épaisseur, surmonté de 25 à 35 m de grès fins roses ou rouge-violacé, correspondant au poudingue de Ste Odile, au Conglomérat principal (t^1) et aux Grès intermédiaires (t^{2a}).

La cartographie du niveau,repère excellent que constitue le poudingue,prouve l'existence de nombreuses failles qui ont pour effet d'abaisser le Trias par "marches" successives d'Est en Ouest et du Nord vers le Sud. Un des compartiments effondrés a permis aux Grès à Voltzia (t^{2b}) d'échapper à l'érosion quaternaire. Ces grès affleurent suivant une bande de 400 m de large sur 4,5 Km de long, d'orientation S. S.W. - N.N.E. à l'Est des Granges du Bertey. Cet affleurement est d'ailleurs signalé sur la feuille de Lure, mais par des contours imprécis.

L'étude pétrographique rapide de cette série est donnée dans le chapitre II E. Elle est suivie de celle des dépôts glaciaires.

L'étude altimètrique du Trias dans cette région des Vosges méridionales permet à M. RUHLAND (1959) de démontrer l'existence de la Faille de l'Ognon. Une preuve précise est l'existence de Trias subhorizontal à la butte du Grand Sigle (rive droite de l'Ognon, au N.E. de Melisey) à une altitude de 360 m , alors que légèrement au Sud du même parallèle dans la région septentrionale du Mont de Vannes il est à 625 m environ. Le rejet approximatif de la Faille de l'Ognon est à cet endroit de 260 m, son regard est tourné vers l'Ouest.

Alors que la feuille de Lure n'indique que deux failles à l'Ouest du Mont de Vannes, l'étude altimétrique poussée du Trias nous conduit à mettre en évidence un système de failles compliqué. Les failles majeures ont une direction N 27° E, les autres N 105° E. Toutes sont subverticales.

Ayant permis la venue de minéralisations hydrothermales, ces failles seront étudiées en détail lors du chapitre III consacré à l'étude métallogénique de la région. La relation liant le cours de l'Ognon à la tectonique sera précisée.

B - LA REGION INTERMEDIAIRE

Le substratum de cette zone est essentiellement constitué de pélites schisteuses viséennes recoupées de bandes plus ou moins larges de tufs volcaniques. Il contient également des roches acides qui tranchent indifféremment les deux formations précédentes et leur sont donc postérieures.

Les roches filoniennes et de pointements se répartissent en deux zones : celle de la Folleterre, à l'Est et celle de la vallée du ruisseau de la Caleuche, que nous nommons ainsi en raison de la ferme où il prend sa source.

Sur la feuille de Lure, seule la limite méridionale de cette série est valable. Il n'est d'ailleurs fait aucune distinction entre schistes et tufs. Comme nous le verrons, les arkoses signalées sont en réalité des tufs.

1° - Les tufs :

Ils sont tous consolidés, ce qui met en relief leurs affleurements discordants dans les pélites. Macroscopiquement, ils présentent trois faciès différents correspondant à une répartition géographique déterminée.

a) - Certains sont de couleur gris verdâtre, assez claire sauf au Sud du Larmet où ils sont rougeâtres. Leur texture est homogène, leur granulométrie est généralement fine : la taille des éléments varie de 0,01 à 4 mm. Dans les classifications granulométriques précisées dans le chapitre II B, cette taille correspond à celle de cendres. L'étude pétrographique de ces tufs nous révèle que le matériel pyroclastique dont ils sont constitués comprend essentiellement des cristaux, pris dans un ciment plus ou moins abondant et dévitrifié. Ces cristaux sont visibles à l'oeil nu ou à la loupe pour les plus grands.

Nous donnons à ces tufs le nom de "tufs à cristaux". Leur notation est γ^1 .

Ils affleurent à l'Ouest de Ternuay sur le flanc occidental du Mont Jean sous forme de trois pointements et d'un petit massif. Deux pointements de dimensions limitées : environ 150 x 250 m sont en relation avec les tufs du troisième type. Aucune interprétation de cette relation n'est possible, les contacts n'étant pas observables. Les coordonnées moyennes de l'un, au Venot, sont : x = 922,35 - y = 318,61; celles de l'autre, au S.E., sont : x = 922,63 - y = 318,31. Le troisième, de dimensions semblables aux précédentes, est au contact d'andésites et de roches rouges au Mont Jean. Ses coordonnées sont : x = 922,82 - y = 317,93. Le massif est situé au lieu dit "le Féga" (x = 922,61 - y = 318,11). Sa surface est d'environ 0,06 Km2.

Au Sud du Larmet, ils affleurent suivant deux bandes :

. L'une, septentrionale, est de direction W.N.W. - E.S.E., elle est longue d'environ 600 m, sa largeur n'exède pas 90 m. Le chemin reliant le Larmet à la Forêt d'Arobert présente un affleurement au point x = 926,35 - y = 315,58.

. L'autre de direction E.W., disparait à l'Ouest (à la Combotte) sous les dépôts fluvio-glaciaires de la vallée du Raddon et se dirige à l'Est vers le col de la Chevestraye. Sa puissance varie de 80 à 350 m. Ces tufs affleurent sur le chemin cité ci-dessus aux points :

x = 926,50 y = 315,40

x = 926,75 y = 315,23

b) - D'autres tufs sont de couleur gris jaunâtre ou rosâtre claire sauf au S.W. du Prémillon, où ils sont gris brunâtre. Leur texture est hétérogène, les éléments qui les constituent sont généralement anguleux de taille variant de 1 à 15 mm. L'examen de ces roches à l'oeil nu ou à la loupe montre des éléments polygéniques. On reconnait des débris de monocristaux et de roches éruptives diverses. L'étude pétrographique de ces formations (Chapitre II B) nous conduit à leur donner le nom de <u>tufs lithiques à lapilli</u>. Leur notation est ν^1 .

Ils affleurent soit dans les pélites, soit dans les tufs du troisième type, mais ils ne recoupent jamais leurs contacts. Dans les pélites ils se présentent :

- Sous forme d'un petit massif au S.W. du Prémillon. Ses coordonnées moyennes sont : x = 923,81 - y = 317,73

- Sous forme de deux bandes au S.W. du Larmet, de direction N.W.-S.E. . La plus longue coupe le Mont Masson dont elle constitue le "noyau" résistant, et affleure bien le long de la route D.97 au Nord des Feux du Cours. Elle présente à cet endroit sa puissance maximale : 420 m environ. Elle englobe une "lentille", de pélites schisteuses de 160 x 25 m, de coordonnées : x = 925,63 - y = 315,93, ce qui confirme l'antériorité de ces pélites. La bande la plus restreinte est située à 120 m environ au N.E. de la précédente. Ses dimensions n'excédent pas 450 m sur 40 m.

Ces tufs sont signalés sur la feuille de Lure en tant que "schistes et arkoses" du Viséen, mais au N.E. de l'endroit où nous les avons identifiés. Cette confusion s'explique par l'abondance de débris roses ressemblant à des débris de feldspath, mais qui sont en majeure partie des fragments de roches rhyolitiques comme le prouve l'étude pétrographique.

Trois bandes de direction N.W-S.E. sont situées au sein des tufs du troisième type. Elles affleurent à l'Est des Potets (coordonnées moyennes : x = 925,70 - y = 316,82), au N.E. du Montaujeux (x = 926,00 - y = 317,07), et au Sapoz (x = 926,78 - y = 316,95). Les deux dernières sont tranchées par une coulée granophyrique.

Ces deux types de tufs présentent deux particularités :

- L'une à l'échelle de l'affleurement : la stratification observée localement.

- L'autre à l'échelle régionale : la position géologique et géographique de leurs bandes d'affleurement.

+ La stratification des tufs leur confère un débit en bancs de faible épaisseur n'exédant guère 10 cm et affectés de pendages. Ainsi, des pendages sont relevés dans les tufs lithiques à lapilli :

. Au Nord des Feux du Cours : x = 925,40 - y = 316,20 - 70°E

. Au S.W. du Larmet : x = 926,31 - y = 315,73 - 30° S.W.

. A l'Est des Potets :x = 925,62 - y = 316,84 - 60° N.E.

L'observation microscopique montre que les éléments disposés en lits successifs sont anguleux. Au S.W. du Prémillon : les tufs ne se débitent pas en bancs mais présentent sur quelques mètres carrés un litage à granulométrie variable. Nous observons des lits de 5 cm d'épaisseur composés alternativement d'éléments très fins puis d'éléments grossiers de 5 à 16 mm aux angles parfois émoussés. Au Nord du Sapoz (x = 926,67 - y = 317,12) nous avons recueilli plusieurs galets interstratifiés dans les tufs. L'observation détaillée de l'affleurement ne laisse aucun doute sur l'origine de ces galets de 5 à 8 cm de long sur 2 à 5 cm d'épaisseur. Elle exclut en particulier toute intervention d'une altération quelconque. A cet endroit, les tufs contiennent également de gros débris (35 mm au maximum) aux formes nettement arrondies,leur donnant un aspect graveleux.

La présence de ces galets ou graviers indique clairement que ces tufs ont subi un remaniement partiel, sans doute sous faible hauteur d'eau et avec peu de transport puisque ces affleurements particuliers sont en relation avec les tufs volcaniques "normaux".

Il est donc exclu que le litage de ces tufs résulte de dépôts successifs issus directement des voies d'émission et traduisant des phases volcaniques successives. Cela ne signifie d'ailleurs pas l'absence de ces phases,au contraire.

Ce remaniement est confirmé par l'existence de galets, de pélite au sein des tufs à cristaux du Mont Jean, au Féga : x = 922,50 - y = 318,21.

Ces galets dont les dimensions moyennes sont : 3 à 5 cm sur 1,5 à 3 cm d'épaisseur, ont des formes bien arrondies. L'aplatissement de certains indique plus la faiblesse du remaniement que le "souvenir" d'une schistosité primitive des pélites.

+ Du point de vue géographique, l'observation de la carte géologique au 1/25.000ème montre que les tufs à cristaux sont toujours situés au Sud des autres formations pyroclastiques, sur une ligne Ternuay-région septentrionale du Bois d'Arobert. Ils sont tous dans les pélites.

Les tufs lithiques à lapilli affleurent au Nord des précédents, dans les pélites et dans les tufs du troisième type, mais uniquement au voisinage de leur contact. D'autre part, les affleurements des deux premiers types se présentent sous forme de bandes grossièrement parallèles entre elles et au contact précité. La disposition de ces différents types de tufs est donc zonale. La confrontation de cette remarque importante avec l'étude pétrographique nous conduira à émettre l'hypothèse d'une chronologie de mise en place de ces formations et de l'évolution du volcanisme.

c) - Le troisième type de tufs est facilement identifiable sur le terrain. De texture très hétérogène, ils sont constitués d'éléments anguleux de grande taille : 1,5 à 10 cm, cimentés par des débris plus fins. Parmi ces éléments nous reconnaissons des blocs de roches éruptives roses, rouge-brique, verdâtres, violacées. La fraicheur dont témoignent souvent ces roches permet de constater qu'elles sont toutes aphanatiques, avec ou sans phénocristaux, ce qui est l'indice d'un refroidissement rapide.

La cimentation des éléments confère à ces roches une grande solidité. L'érosion différentielle souligne leur contact avec les pélites et détermine une sorte de sillon de direction N.W.-S.E. entre Ternuay et le Larmet. Il est emprunté depuis Ternuay successivement par le ruisseau de la Caleuche, le chemin reliant le Fiadin aux Potets, puis le Raddon entre le Larmet et les Bas.

Les classifications granulométriques que nous prenons comme référence lors de l'étude pétrographique des tufs (chapitre II B) fait de ces gros éléments des "blocs".

Cette description macroscopique correspond à celle que J. JUNG (1963) donne d'anciens dépôts de nuées ardentes, reconnaissables à ce que blocs, lapilli et cendres y sont mélangés de façon désordonnés . Ces nuées sont typiques du volcanisme péléen.

Ces tufs que nous appelons tufs lithiques à blocs et notons ν^3 et probablement les autres types de tufs ont sans doute pour origine un volcanisme du type explosif. Nous préciserons cette hypothèse ultérieurement.

Les tufs lithiques à blocs affleurent au Mont Jean et sur son flanc nord-occidental sous forme de pointements et de bandes restreints, dans les pélites. Mais à l'Est depuis la région des fermes du Prémillon (x = 924,05 - y = 318,10) et de la Montagne(x = 924,12 - y = 318,36), leur développement augmente brusquement et ils se rejoignent en une bande importante de 2,5 Km de puissance sur la limite orientale du terrain.

Ils englobent quatre affleurements de pélites schisteuses, qui sont en quelques sorte des"îlots témoins".

. Le premier de direction Nord-Sud est situé sur le flanc méridional du Mont Gillot. Il mesure 200 m de long sur 50 m de largeur moyenne.

. Le second de dimentions semblables, mais de direction N.W.-S.E. est situé au Nord des fermes du Fiadin.

. Le troisième plus important, de direction N.W.-S.E., est situé au Sud du lieu dit "la Follet erre". Sa puissance maximale est de 250 m sa longueur de 500 m.

. Le dernier est situé dans le prolongement du précédent à l'Est des Rondey.

Ces "îlots" s'alignent suivant une direction parallèle au contact pélites-tufs à blocs. Ils constituent les derniers témoins septentrionaux de la série sédimentaire du Viséen inférieur. Leurs contacts avec les tufs sont verticaux. Que ce soit au contact des roches rouges de la deuxième

grande unité structurale de ce terrain au lieu dit "les Graviers", ou au contact des tufs, ou même dans les "îlots", les pélites sont affectées de pendages "anormaux". En effet, ils sont contraires à ceux du flanc nord du synclinal défini au paragraphe A. Ils sont :

- au lieu dit "les Graviers", contre les roches rouges :
  x = 922,80 - y = 318,87 - de 50° N.E.
- aux fermes du Fiadin :
  x = 924,55 - y = 317,45
  et au lieu dit "la Soignerie" :
  x = 925,07 - y = 317,11 , contre les tufs, de 60 à 70° E.N.E.
- dans l'"îlot" du Fiadin :
  x = 924,58 - y = 317,67 - de 60° E.N.E.
- dans l'"îlot" des Rondey :
  x = 926,00 - y = 317,20 - de 40° E.

Des schistes horizontaux sont observables au S.W. de la ferme de la Caleuche au point x = 924,55 - y = 317,95.

Les pélites amorcent donc une structure synclinale en direction du N.E. sans doute synchrone de celle décrite au Sud, tranchée successivement par les tufs puis par les roches rouges.

La grande extension et le volume énorme de ces formations pyroclastiques ne sont guère compatibles avec un type d'éruption par cratère unique mais plutôt avec un <u>type fissural</u>. La disposition zonale des affleurements de tufs caractérisée par des bandes plus ou moins puissantes et parallèles étaye cette hypothèse. Les pointements marqueraient la trace sur la surface topographique de cheminées ou de fissures volcaniques annexes.

2° - Les roches rouges :

Ce sont des roches acides que nous décrirons dans le paragraphe C. Leur notation est ∇ . Elles se présentent dans cette zone sous forme de pointements et de bandes aux contours souvent sinueux.

A l'Est immédiat de Ternuay et dans la vallée du ruisseau de la Caleuche, il s'agit de pointements de faibles dimensions, en moyenne 130 x 50 m. Ils sont discordants dans les pélites.

Au Mont Jean, un pointement de 650 m de long et 200 m de largeur moyenne a une direction N.W.-S.E. Au N.E., sa limite recoupe les pélites et les tufs, au S.W. elle recoupe les andésites. La végétation masque ce contact. Cependant, la fraîcheur des deux roches à faible distance l'une de l'autre laisse supposer que ce contact ne donne lieu à aucun phénomène de métamorphisme.

A la Soignerie, au Nord des Potets, trois petits pointements de roches rouges recoupent les pélites. La feuille de Lure signale à l'emplacement de l'un d'eux, le plus oriental, un pointement de dolérite (roche verte) de direction E.W., alors que nous relevons une direction N.S. A 80 m au N.W., affleure un autre pointement de direction N.E.-S.W., long de 350 m , large de 40. La roche sur sa bordure orientale a subi un broyage sur toute la longueur. La mylonite qui en résulte est minéralisée en barytine contenant quelques paillettes d'oligiste .

Un pointement de quelques m2affleure dans l'"îlot" de pélites de la Folleterre au point x = 925,39 - y = 317,66. Un autre au S.W., recoupe le contact pélites-tufs.

Deux bandes de roches rouges recoupent indifféremment pélites et tufs près de la ferme de la Caleuche. Ceci prouve encore leur mise en place postérieure.

. La première, la plus importante, a une largeur moyenne de 100 m. Elle apparait sous le Glaciaire près de la ferme de la Montagne (x = 924,26 - y = 318,28), et prend une direction E.W. Elle se coude

brutalement au Nord de la ferme de la Caleuche et se termine à 400 m au Sud. La feuille de Lure ne signale que la portion E.W. de cette coulée et la qualifie de labradorite.

. La seconde est également signalée, mais comme un filon de microgranulite. Elle affleure sur le chemin d'accès à la Caleuche au point x = 924,73 - y = 318,05. Sa direction est presque méridienne, ses dimensions sont faibles : 100 x 30 à 40 m.

Les intrusions de roches rouges dans les tufs se présentent sous forme de huit pointements de faible extension et d'un massif émettant une longue apophyse. Aucune n'est signalée sur la feuille de Lure.

. L'un des pointements, au Nord du Bois Communal de Folleterre (x = 926,21 - y = 318,57) a la forme d'un dôme dénudé d'une quarantaine de mètre de diamètre et d'une vingtaine de haut.

. Le massif, assez important, affleure sur le flanc méridional du Bois du Sapoz. Sa particularité est d'émettre au niveau de la ferme de la Breulas (x = 926,68 - y = 317,07) un prolongement de direction N. 68° E. se dirigeant vers le Montaujeux où il se termine près de l'école, (x = 925,93 - y = 316,74). Long d'environ 1,1 Km et large de 140 m en moyenne, ce prolongement se présente comme un gros filon ou dyke dont les bords subverticaux recoupent les tufs à blocs et deux bandes de tufs à lapilli au Sapoz et au N.E. du Montaujeux.

3° - Les roches filoniennes et les pointements :

Elles sont localisées dans deux zones géographiques :

a) - Celle de la vallée du ruisseau de la Caleuche

b) - Celle de la Folleterre.

a) - Les roches de la vallée du ruisseau de la Caleuche :

Ce sont des microgranites et des lamprophyres.

+ Les microgranites

. Le premier des trois filons de microgranite affleure sur le chemin montant à la Caleuche au point : x = 922,91 - y = 318,37. Sa direction est N.3°E., sa longueur d'environ 275 m sa puissance de 20 m. La roche de couleur rougeâtre présente une texture porphyrique. Les seuls phénocristaux sont des feldspaths de 1,5 sur 0,7 cm pour les plus grands et des lamelles de mica noir de 0,5 cm de dimension maximale. Les phénocristaux de quartz sont très rares. Ce microgranite ressemble à celui décrit par Y. GUINTRAND (1963) à environ 2 Km au N.W. de Beulotte-St-Laurent.

Deux autres filons de microgranite présentent le même faciès que celui du Raddon et de la Combe. L'un est situé au Creux du Loup (N.E. du Mont Jean), sa direction est N.74° E., sa longueur d'environ 150 m, sa puissance de 10 à 15 m. Le dernier est le seul signalé par la feuille de Lure. Il coupe le chemin de la Caleuche au point : x = 924,48 - y = 317,85. Sa direction est N.14°E., sa longueur atteint 400 m, sa largeur n'excède pas 10 m.

Ces trois filons recoupent indifféremment pélites et tufs.

. Un petit pointement de microgranite rouge violacé, semblable à celui du premier filon décrit ci-dessus, est à signaler dans l'"îlot" de pélites du Mont Gillot.

+ Les lamprophyres

Les deux filons de lamprophyre sont discordants dans les tufs lithiques à blocs au Nord de la Caleuche. La feuille de Lure n'en fait pas mention.

. Le plus occidental est de direction N.66°E., sa longueur est d'environ 180 m, sa puissance de 4 à 5 m. Il affleure sur le chemin

de la ferme "la Montagne" au point : x = 924,26 - y = 318,38. La particularité de cette roche brun violacé est sa richesse en paillettes de mica noir dont la taille maximale est de 5 mm. Localement, elle est silicifiée et prend une couleur gris verdâtre.

. La direction de l'autre filon est proche de N.60°E. Sa longueur n'excède pas 100 m, sa puissance 5 m. Il affleure au bord du ruisseau en amont de la Caleuche, au point : x = 924,80 - y = 318,37. La roche présente des caractères analogues à ceux décrits ci-dessus.

b) - La zone de la Folleterre :

Par sa faible extension et la diversité des roches qui affleurent dans ce périmètre, la zone de la Folleterre semble avoir été le siège d'une importante activité volcanique.

Il est possible que cette zone se trouve à l'aplomb ou à proximité d'une grande discontinuité de l'écorce terrestre ayant permis la mise en place au moins partielle des tufs à blocs. Sa position centrale dans ces formations et le fait que l'on trouve sur ses abords immédiats (communal de Folleterre, les Rondey) les faciès les plus grossiers des tufs, sont peut être des arguments en faveur de cette hypothèse. Ultérieurement, le rejeu de cette discontinuité aurait permis dans cette zone la mise en place d'une grande partie au moins des roches que nous allons décrire. Aucune n'est signalée sur la feuille de Lure.

+ Une roche noire, d'aspect homogène, présente de nombreux cristaux de feldspath en lattes maclées de 5 mm de long ou en plaquettes de 5 x 6 mm (dimensions maximales). Ces feldspaths limpides ne se distinguent sur le fond noir que par leurs clivages brillants. D'autres cristaux noirâtres, plus rares et plus petits sont également visibles à l'oeil nu.

L'étude minéralogique et chimique de cette roche (chapitre II D) révèle la présence d'une labradorite. Nous la notons γ_4 .

Trois affleurements de cette labradorite se succèdent sur le chemin d'accès au Bois Communal de Folleterre. Le plus méridional est allongé sur une centaine de mètres, sa direction est W. S.W. - E.N.E. Les deux autres sont des pointements de 5 m de diamètre au maximum. Les coordonnées de ces affleurements sont successivement du Nord au Sud :

x = 925,53 y = 318,06

x = 925,51 y = 317,98

x = 925,50 y = 317,92

Une roche dont l'aspect ne varie par rapport à la précédente que par la teinte brun foncé de la pâte, affleure à 600 m au N.E. de ces trois pointements. Les feldspaths et surtout les cristaux vert-noirâtre sont plus visibles. L'étude microscopique prouve qu'il s'agit d'une roche de structure et de composition minéralogique très voisines de celles de la roche précédente.

Les coordonnées de ce pointement allongé d'une trentaine de mètres sont : x = 925,91 - y = 318,57.

Les bords de ces différents pointements sont subverticaux. Ils sont en contact avec les tufs. Seul le plus méridional des deux petits affleurements présente un contact franc avec la roche que nous allons décrire.

+ Cette roche est constituée d'une pâte aphanatique noire contenant un grand nombre de feldspaths roses. Ceux ci se présentent soit en débris anguleux dont la taille n'excède pas 3 mm, soit en phénocristaux maclés automorphes ou ébréchés, parfois tordus et dont les dimensions maximales sont 26 x 10 mm.

L'étude minéralogique de cette roche (Chapitre II D) prouve qu'il s'agit d'une andésite dont le faciès tend vers celui d'une accumulite. Sa notation est χ . Six pointements sont situés dans la zone de Folleterre, trois sur sa périphérie.

Parmi les six pointements, un seul est situé dans l'"îlot" de pélites de Folleterre. Ses coordonnées moyennes sont : x = 925,45 - y = 317,62 Il est étiré dans le sens N.W - S.E. et mesure environ 80 m sur 40.

Les autres sont intrusifs dans les tufs :

. Le plus long affleure sur le chemin d'accès au Bois Communal au point : x = 925,52 - y = 318,00 et y occasionne un net ressaut. Sa direction est S.W.-N.E., sa longueur d'environ 300 m, sa largeur moyenne de 50 m. Son extrémité S.W. est en contact avec un pointement de labradorite.

. Un autre pointement important, également en forme de lentille affleure plus au Sud. Sa direction est Nord - Sud, sa longueur est d'environ 200 m, sa puissance de 80 m. Ses coordonnées sont : x = 925,60 - y = 317,70.

L'un des pointements périphèriques est situé à 60 m au Nord de la Caleuche. Sa particularité est de se trouver au sein des roches rouges ; Son contact est franc. Il est allongé dans le sens N.W. - S.E., long de 100 m, large de 50. Ses coordonnées sont : x = 924,94 - y = 318,27.

Les deux autres sont situés au N.E. et au S.E. du lieu dit "les Gravillons". Ils sont intrusifs dans les tufs.

Cette andésite affleurant aussi bien dans les tufs que dans les roches rouges est donc de mise en place postérieure à celle de ces deux formations.

+ Deux filons de lamprophyre sont à signaler également dans cette zone. Mais n'y étant pas spécifiques, contrairement aux deux types de roches décrits ci-dessus, leur mise en place est sans aucun doute indépendante.

. Le plus grand affleure sur le chemin d'accès au Bois Communal au point : x = 925,51 - y = 317,95. Sa direction est N.69°E., sa longueur d'environ 150 m, sa puissance de 2 à 4 m. La roche qui le constitue est fraîche et fait l'objet d'une étude minéralogique et chimique détaillée au chapitre II D.

. Le plus court, de quelques mètres de long, est visible dans le chemin de la Folleterre au point : x = 925,08 - y = 317,93.

+ En dehors de ces deux zones de la Caleuche et de la Folleterre il convient de signaler à l'Ouest du Larmet un pointement intrusif dans les pélites d'une roche gris verdâtre. Son diamètre est d'une trentaine de mètres.

Au bord de la route D.97, la texture des échantillons est aphanatique, leur cassure subconchoïdale. Au Sud, ils sont grossièrement broyés, la brèche est alors consolidée par de la barytine et des oxydes de fer brun rouille. La barytine se développe en fonction de la largeur des fissures, en cristaux tabulaires blancs. Elle est souvent accompagnée de sidérose.

Malgrè les altérations, l'étude microscopique permet de dire qu'il s'agit d'un pointement de microsyénite. La goethite dans la brèche provient en majeure partie de l'oxydation de pyrite dont il reste quelques particules.

La proximité d'un accident tectonique est sans doute responsable de l'intense silicification observable sur la route D. 97 et du broyage accompagné de minéralisations hydrothermales.

Rien ne permet encore de l'affirmer, mais il est possible que ces minéralisations soient liées à celles observées à 1 Km au N.E. : au Sapoz. Dans les tufs à lapilli, à une vingtaine de mètres des roches rouges au point : x = 926,77 - y = 317,00, il existe des filonnets de quartz contenant de nombreuses mouchetures de pyrite de 2 à 6 mm. De gros blocs de quartz laiteux dans les buissons d'alentours sont probablement de nouvelles preuves de l'existence dans cette région d'un accident minéralisé d'importance notable.

C - LA DEUXIEME UNITE : LES ROCHES ROUGES

Ces roches correspondent aux orthophyres et ortho-albitophyres de la feuille de Lure. Comme le prouve l'étude de ces roches par J.GUERRILLOT (1964) et A. ANDROZ (1964), cette différenciation ne se justifie pas du fait qu'elles sont toutes de couleur rouge ou rose verdâtre, à texture variée et possèdent une même composition chimique qui les classe à la limite des rhyolites à tendance granophyrique et des trachytes quartzifères. Ces auteurs groupent ces roches sous le nom de granophyre. Ce terme fut proposé par H. VOGELSANG (1872) pour dénommer certains porphyres dont la pâte consiste en une association de cristaux microscopiques et d'un fond vitreux. Les petits cristaux étant souvent des microlites difficilement identifiables.

D'après J. JUNG (1963), les granophyres sont des microgranites aphanatiques riches en micropegmatite et en sphérolites. Or, de telles structures sont très rares dans les roches rouges . De plus, certains caractères minéralogiques des rhyolites tels que l'abondance de la pâte semi-vitreuse ou microcristalline riche en quartz, la rareté des phénocristaux de quartz, se retrouvent dans ces roches.

Nous pensons que le terme de rhyolite reflète mieux l'ensemble des caractères macroscopiques, microscopiques et chimiques de ces roches rouges.

Dans ces roches qui constituent l'essentiel du substratum de cette unité, les roches intrusives filoniennes et de pointement sont des microgranites, une microsyénite, des trachy-andésites, un lamprophyre et un granite à grain fin.

1°) - Les rhyolites :

En continuité avec celles que nous observons, mais au N.W. de ce terrain, Y. GUINTRAND (1963) décrit ces formations qui affleurent suivant une bande de direction N.W.-S.E. entre St.Hilaire et Beulotte-la-Guillaume, puis de direction Est-Ouest entre Beulotte et la région de

Faucogney, plus à l'Ouest. Comme l'indique la carte géologique au 1/25.000ème la limite méridionale des roches rouges a une direction Est-Ouest. Elle suit à peu près le parallèle des maisons septentrionales de Ternuay.

Immédiatement à l'Est de ce village, au lieu dit "les Graviers" les rhyolites sont en contact avec les pélites viséennes. Ce contact disparait sous les dépôts glaciaires de la vallée du ruisseau de la Caleuche. Plus à l'Est il juxtapose les roches rouges et les tufs lithiques à blocs jusqu'à la limite orientale du terrain. Il tranche également l'"îlot" de pélites du Mont Gillot. Ce contact subvertical est facilement repérable grâce à la différence d'aspect entre les schistes, les tufs et les rhyolites rouges massives, à texture homogène.

Des travaux récents (1964) cités plus haut , il ressort que le long de l'Ognon entre Servance et Ternuay, la texture de ces roches est aphanatique à légère tendance porphyrique. Macroscopiquement, les échantillons présentent une pâte de teinte rose, rouge brique ou lie de vin, contenant des phénocristaux de feldspath blanchâtre, en forme de lattes dont les dimensions maximales sont d'ordre millimètrique, mais peuvent atteindre 5 mm. Nous distinguons également des petites géodes remplies de quartz, de mica noir ou de chlorite.

+ Au microscope, ces roches présentent une structure microlitique ou microgrenue porphyrique. Les phénocristaux sont principalement de l'albite An_5, et de l'orthose, parfois de la biotite plus ou moins chloritisée et du quartz. La pâte est une association microcristalline de ces minéraux.

. A l'Enclose, au point de coordonnées x = 925,46 - y = 320,64, la rhyolite verdâtre, à structure microgrenue porphyrique contient des phénocristaux de pyroxène de 2 à 3 mm. Il s'agit d'une augite typique.

. Entre les Moussières (x = 925,31 - y = 321,28) et Bourgagotte (x = 925,96 - y = 321,97), selon une bande large de 300 m parallèle à la vallée de l'Ognon, les rhyolites présentent un faciès particulier. La pâte est noir-verdâtre, elle contient localement des inclusions

de pyrite et des sphérolites de calcédoine. Les phénocristaux roses dont la taille atteint 1 x 0,5 cm sont parfois si abondants que la roche a une texture presque grenue. Cet aspect est sans doute la raison de la confusion faite avec une syénite que signale la feuille de Lure à l'Est des Moussières.

L'étude microscopique prouve qu'il s'agit d'une variation de faciès des rhyolites à structure microgrenue, mais sans pyroxène.

Signalons également quelques aspects particuliers de ces roches:

. Au lieu dit "Terre Neuve" (x = 924,22 - y = 319,24) et le "Grand Bois" (x = 925,30 - y = 318,87) la couleur de la roche est rose et sa texture presque grenue en raison de l'abondance de cristaux de feldspath blanchâtresdont la taille moyenne est de 2 mm.

. Dans l'extrèmité occidentale de la Forêt du Revers aux Chiens, aux points de coordonnées : x = 926,11 - y = 318,83 et x = 926,59 - y = 319,13, la roche rose violacé est de texture aphanitique. Le premier affleurement est situé au contact des tufs. La pâte de la roche contient de nombreuses géodes en forme d'amande de 1 cm de long et 2 mm d'épaisseur en moyenne, toutes d'orientation parallèle. L'étude microscopique prouve que la structure de la rhyolite est microlitique et que les géodes souvent tapissées de chlorite, contiennent de la calcédoine, du quartz et parfois de la calcite en leur centre. Leur étirement parallèle témoigne de la fluidalité de la lave jusqu'à sa consolidation rapide responsable de la structure.

Le second affleurement est à une cinquantaine de mètres au Nord du contact. Dans la roche, l'allongement des géodes s'atténue, leur remplissage est surtout chloriteux.

. A l'Est de la ferme des Communaux, au point de coordonnées x = 925,35 - y = 320,32, la roche présente une texture semblable mais l'absence de géode est totale. La patine de certains échantillons présénte une fine striation qui est le reflet macroscopique d'une structure microlitique nettement fluidale.

. Le massif et son apophyse intrusifs dans les tufs du Bois du Sapoz est constitué d'une roche dont la pâte aphanatique rouge-brique contient des feldspaths blanchâtres sous forme de lattes brillantes et maclées dont la longueur maximale est de 8 mm. Des plages verdâtres y sont également disséminées. L'étude microscopique de cette roche (Chapitre II C) révèlera quelques particularités dans la structure.

. Localement, les rhyolites présentent un faciès brèchique (noté γ_X) accompagné d'une intense silicification. Ces zones coïncident généralement avec le passage ou la proximité d'une faille repérable grâce aux minéralisations. Nous décrirons ce faciès lors de l'étude métallogénique au chapitre III.

+ L'architecture généralement massive des rhyolites présente une exception aux Etroitures de Ternuay. La prismation observée le long de la route N.486 fut déjà signalée par A. MICHEL-LEVY (1910). Le plongement de ces prismes d'environ 30° vers le S.W. est l'indice de phénomènes tectoniques dont l'âge n'est borné qu'inférieurement par la mise en place des coulées rouges c'est à dire à la fin du Viséen inférieur.

Cette prismation s'observe selon une bande de direction N.W. - S.E., longue de 1,8 Km sur notre terrain et se prolongeant sur la rive droite de l'Ognon en direction de St Hilaire. Sa largeur maximale de 450 m est située au Mont de Mont. A cet endroit, le diamètre des prismes atteint 95 cm, alors qu'aux Etroitures il est de 2 m au maximum, Leur hauteur est fonction des coupes que nous offre la topographie. Elle n'excède pas 10 m. Le mur de cette coulée prismée n'est pas observable. Elle passe brusquement aux rhyolites massives aussi bien au N.E. qu'au S.W.

Etant parallèle à la limite méridionale des roches rouges, il est probable qu'elle constitue le front d'une coulée subaérienne. Sa direction est celle du plan vertical passant par le grand axe des prismes et perpendiculaire à son sens d'allongement ; elle est donc S.W. - N.E.

Logiquement nous pouvons formuler l'hypothèse que les anciens centres d'émission de ces laves n'occupent pas en profondeur une position marginale dans la bande des rhyolites qui traverse le terrain. Par conséquent, la coulée prismée étant excentrique, il est possible d'ajouter un sens d'écoulement à sa direction c'est à dire du N.E. vers le S.W.

Notons que le mode de gisement des rhyolites en une bande importante accompagnée de pointements dans les formations voisines est compatible avec un type d'éruption fissurale. Nous avons déjà fait cette remarque au sujet des tufs. Il est donc possible que les voies d'émission des tufs aient servi ultérieurement et au moins partiellement, à celle des coulées rouges. Un indice favorable à cette hypothèse est la présence de tufs au sein des rhyolites.

2°) - Les roches filoniennes et les pointements :

a) - Les microgranites

La feuille de Lure n'en signale aucun affleurement. Du Sud vers le Nord ils se répartissent de la façon suivante :

+ Au S.E. du Mont Gillot, il existe deux petits filons de directions N. 56° E. et N. 50° E., d'une centaine de mètres de long et d'une dizaine de large. Leurs coordonnées moyennes respectives sont :

x = 924,58 y = 318,67

x = 924,17 y = 318,62

La pâte rougeâtre de ces microgranites contient des phénocristaux de feldspath dont la taille maximale est de 1,5 cm. et des lamelles de mica noir. Celles-ci sont particulièrement développées dans le filon occidental : elles peuvent atteindre 9 mm.

+ Sur le flanc méridional du Mont Gillot affleurent trois filons :

- L'un est de direction N. 16° E., il est long de 320 m, large de 8 à 10 m. Il coupe le chemin du Bois de Croye au point : x = 923,63 - y = 318,44. Les phénocristaux de quartz sont absents dans la roche.

- Le second est de direction N. 38° E. Sa longueur est de 180 m environ, sa largeur de 10 m. Il affleure sur le même chemin au point :

x = 923,43 - y = 318,58. Outre l'absence de phénocristaux de quartz, notons la présence de quelques porphyroblastes d'orthose de 2 x 1,5 cm.

- La faible longueur du troisième, inférieure à 10 m ne permet pas d'évaluer sa direction. Sa puissance est d'environ 4 m. Il est visible sur le chemin précité au point : x = 923,33 - y = 318,60.

+ Au bord de l'Ognon affleure un pointement d'environ 50 x 30 m au point : x = 922,40 - y = 319,40.

+ Au N.E. de la ferme Champs Journet, il existe un pointement de dimensions semblables aux précédentes. Ses coordonnées sont : x = 923,13 - y = 319,61. Ce microgranite est caractérisé par l'abondance des micas noirs.

+ Au S.W. de Ru Jeannot, il existe un filon signalé par J. GUERRILLOT (1964). Sa direction est N. 62° E., sa longueur de 300 m, sa largeur maximale de 12 m. Il coupe le sentier quittant la N. 486 en face de la Vierge au point x = 923,34 - y = 319,76. La texture largement porphyrique de la roche présente des cristaux de feldspath atteignant 5 cm.

+ Au Sud de Ru Jeannot, affleure un filon de direction N. 72° E., de 170 m de long et 3 à 4 de large. Il est observable au point : x = 923,64 - y = 319,72, puis disparaît en partie sous les éboulis. En plus de sa richesse en mica noir dont les lamelles peuvent atteindre 1 cm, ce microgranite contient peu de phénocristaux de feldspath, mais ils sont importants : 4,5 x 2 cm.

+ Au Bois Fagramme, il existe un filon dont la direction est de N. 14° E. Sa longueur est d'environ 100 m, sa largeur de 5 à 6 m. Il affleure sur le chemin de la Sapine au point de coordonnées : x = 924,59 - y = 319,78.

+ Au S.W. de la ferme des Communaux, deux petits filons de faible puissance : 3 à 7 m et dont la longueur ne permet pas d'évaluer correctement la direction, existent aux points de coordonnées :

x = 924,65 y = 320,28

x = 924,87 y = 320,17

+ Au N.E. de cette ferme, un pointement subcirculaire de 15 à 20 m de diamètre affleure au point de coordonnées : x = 925,18 - y = 320,29.

+ Un pointement de 6 à 7 m de diamètre est observable au bord de la Doue de l'Eau à 260 m de son confluent avec l'Ognon. Ses coordonnées sont : x = 925,19 - y = 320,77.

+ A l'Ouest du Bas de la Grève, dans le lit de la Doue de l'Eau, il existe deux pointements : l'un a un diamètre de 20 à 25 m, ses coordonnées sont : x = 926,12 - y = 320,13. L'autre à 30 m en amont , a un diamètre d'environ 10 m.

+ Au N.E. du Bas de la Grève, affleure un filon signalé par A. ANDROZ et N. MORRE (1964). Sa direction est N. 38° E. Sa longueur mesurée jusqu'à la limite orientale du terrain dépasse 500 m. Mais nous avons retrouvé ce filon sur l'arête du Mont Cornu, c'est à dire à 250 m au delà de cette limite. Sa puissance est de 6 à 10 m. Son extrèmité S.W. pénétre de 200 m dans un massif de trachyandésite, qui est donc de mise en place antérieure à celle du filon. Il est bien visible au point de coordonnées : x = 926,40 - y = 320,31.

+ A l'Enclose, il existe un filon de direction N. 50° E., de 425 m de long et 3 à 4 m d'épaisseur. Il affleure bien derrière les fermes au point : x = 925,58 - y = 320,85. Ce microgranite présente des phénocristaux de feldspath pouvant atteindre 4 cm de long.

+ Au N.W. de l'Enclose, affleure un filon signalé par A. ANDROZ (1964). Sa direction est N. 62° E., sa longueur dépasse 250 m, sa puissance est d'environ 4 m. Il est observable sur la route D. 133 au point de coordonnées : x = 925,40 - y = 321,03.

+ Sur le flanc septentrional du Mont Cornu il existe deux grands filons :

. L'un de direction N. 48° E. mesure 600 m de long et 7 à 8 m de large. Il affleure sur le chemin de la ferme des Oiseaux au point : x = 926,39 - y = 321,81.

. L'autre de direction N. 38° E. mesure 350 m de long et 10 m de large. Il affleure également sur ce chemin au point de coordonnées : x = 926,42 - y = 321,59.

+ Au N.W. du sommet du Mont Cornu, un filon de faibles dimensions 15 m de long sur 3 de large affleure au point de coordonnées x = 926,28 - y = 321,17. Sa direction est approximativement E.W.

La texture de ce microgranite est porphyrique. La pâte rose contient par ordre décroissant d'importance :

- De beaux phénocristaux automorphes de feldspath de 3 à 4 cm, de teinte blanchâtre ou rose.

- Des cristaux de quartz arrondis, de 5 mm de diamètre maximal.

- Des baguettes vert sombre, de longueur n'excédant pas 7 mm, isolées ou groupées en étoile.

L'étude microscopique (chapitre II D) nous montre qu'il s'agit d'amphibole. L'étude pétrographique de ce microgranite à amphibole comparée à celle de microgranites de même composition effectuée par Y. GUINTRAND (1963), nous prouve l'originalité de la roche. C'est le seul affleurement de ce type de microgranite que nous ayons découvert sur ce terrain.

b) - Les trachyandésites :

Il s'agit de roches à texture porphyrique bien marquée, que la couleur sombre différencie facilement des rhyolites encaissantes. Leur notation est γ . D'un point à un autre de l'affleurement ou d'un affleurement à l'autre, l'aspect macroscopique varie peu. La pâte est gris verdâtre ou violacée. Les phénocristaux de feldspath blancs ou blanc verdâtre, le plus souvent en lattes pouvant atteindre 5 à 6 mm de long, sont plus ou moins abondants. Certains échantillons contiennent des cristaux noir verdâtre sous forme de prismes courts dépassant rarement 2 mm. L'étude microscopique(chapitre II D) prouve qu'il s'agit de pyroxène. L'étude pétrographique et chimique effectuée sur un échantillon semblable prélevé

au bord de la route D. 133, par A. ANDROZ et N. MORRE (1964) conclut à la présence d'un trachyandésite pyroxénique.

Les affleurements sont situés sur le flanc méridional du Mont Cornu, et à l'"Envers de la Grève".

La roche sombre signalée par M.E. THIRRIA (1833) sous le nom de "porphyre noir", puis assimilée par A. DELESSE (1847) et A. MICHEL-LEVY (1910) au "porphyre de Belfahy", signalée sur la feuille de Lure par des contours inexacts en tant qu'"épais filon de porphyre pétrosiliceux" et décrite par A. ANDROZ et N. MORRE (1964), se trouve sur la bordure d'un massif qui s'étend au Nord de la route D. 133. Ses coordonnées sont x = 926,19 y = 320,15. La dimension maximale du massif : 320 m est de direction Nord-Sud. Sa largeur n'excède pas 250 m. Un filon de microgranite (signalé au paragraphe a) recoupe ce massif dans sa partie orientale.

Un pointement de 20 m environ de diamètre est situé à l'Est du massif au point : x = 926,55 - y = 320,25.

Un pointement d'extension semblable existe au point : x = 926,17 - y = 321,00.

Un autre pointement de dimension plus faible : 4 m de diamètre, est situé à la limite des rhyolites et de bancs de tufs peu puissants. Ses coordonnées sont : x = 925,80 - y = 320,82.

Au N.W. de la ferme de l'"Envers de la Grève", il s'agit d'un filon de direction N. 75° E., d'environ 380 m de long dont la puissance variable n'excède pas 20 m. Ses affleurements sont difficilement observables en dehors du chemin de la ferme au point : x = 926,28 - y = 319,81.

c) - La microsyénite :

La roche de couleur gris sombre a une texture porphyrique. L'examen d'une cassure fraîche prouve l'existence, dans une pâte noire, de nombreux cristaux de feldspath sous forme de lattes blanchâtres ou incolores, repérables par leurs faces brillantes et dont la longueur ossillant autour de 3 mm, atteint parfois 7,5 mm.

L'examen microscopique (chapitre II D) montre que les cristaux noirs, plus rares et plus petits, 2,3 mm maximum, sont des pyroxènes. La composition minéralogique et chimique de cette roche est celle d'une microsyénite à pyroxène.

L'unique pointement que nous mettons en évidence est circulaire, son diamètre est de 8 m. Ses bords subverticaux sont nettement marqués par le contact franc entre la roche gris sombre et la rhyolite rose. Il est facilement observable dans le chemin au N.W. de la ferme des Oiseaux, au point : x = 926,34 - y = 321,92.

La feuille de Lure n'en fait pas mention.

d) - Le lamprophyre :

La roche a une couleur et une texture sphérolitique semblables à celles de la minette en filon du lieu dit "sous le Bambois", signalée au paragraphe A page 15. La seule différence est la présence de lamelles de mica noir de grande taille : jusqu'à 6 mm, mais assez rares. La patine rugueuse du rocher témoigne de l'érosion différentielle qui laisse en relief les sphérolites quartzo-feldspathique en désagrégeant leur ciment.

Les éboulis et la végétation ne nous permettent aucune observation autre que celle de l'affleurement au point de coordonnées : x = 925,85 - y = 320,56, à 90 m environ de la route D. 133.

Ce lamprophyre n'est pas signalé sur la feuille de Lure. Il est le seul que nous ayons mis en évidence dans la deuxième unité structurale de ce terrain, il est situé à 2 Km au Nord d'une bande de direction Est-Ouest que détermine la position des filons de lamprophyre décrits dans la première unité et la région intermédiaire.

e) - Le granite à grain fin :

Sa notation est γ_{1x}.

La roche de couleur gris rosé assez clair est finement grenue, sa texture est équante. Les cristaux ont une dimension d'ordre millimètrique, ils atteignent rarement 2 mm. Il s'agit de feldspath rose, de mica verdâtre et de quartz.

L'étude minéralogique de cette roche effectuée par J. GUERRILLOT (1964) montre qu'elle est essentiellement constituée de quartz, d'orthose, d'oligoclase et de biotite presque totalement pseudomorphosée en chlorite. L'aspect macroscopique et les caractères minéralogiques tels que l'abondance des micas, l'automorphisme des feldspaths, l'existence de pyroxènes résiduels rappellent ceux des lamprophyres. Se basant sur l'absence de micas zonés et pœcilitiques et sur la composition proche de celle du granite de Servance, cette étude conclut à la présence de granite à grain fin.

L'examen microscopique n'ayant apporté aucun fait nouveau, nous ne reprendrons donc pas l'étude pétrographique de ce granite.

Il affleure sous forme d'un filon de 5 m de puissance et de longueur inférieure à 10 m, de direction N.W. - S.E. Il est visible dans la tranchée de la route N. 486 au point : x = 925,11 - y = 320,93. Le contact avec la rhyolite encaissante est franc, subvertical.

f) - Les tufs :

Il s'agit de tufs lithiques à blocs, semblables à ceux décrits dans la région intermédiaire (paragraphe B). De leur étude minéralogique et chimique, J. GUERRILLOT(1964) conclut à la présence de tufs dont la composition est à la limite rhyolite-trachyte.

Ils affleurent suivant une bande de direction Est-Ouest qui présente sa puissance maximale le long de la route N. 486 au Sud du"Pont de Miélin", se rétrécit rapidement à l'Est et s'interrompt au N.E. de la ferme des Communaux en se recourbant vers le S.W.

Dans son prolongement, signalons deux affleurements de faible extension à l'Est de cette ferme.

Cette disposition ne coïncide pas avec celle indiquée par la feuille de Lure, c'est à dire le développement des tufs viséens vers l'Est.

L'affleurement de tufs le plus septentrional est situé à l'Est de l'Enclose. Il s'agit de bancs de quelques dizaines de mètres de longueur bordés par les rhyolites et un pointement de trachyandésite.

- CONCLUSION DU CHAPITRE I -

L'examen d'ensemble de la carte géologique déduit de l'étude de la situation géographique et géologique des différentes roches éruptives nous permet de constater qu'une répartition particulière des roches filoniennes et de pointements se superpose aux grandes unités structurales.

1) - Les filons et pointements de microgranites sont localisés dans une bande de terrain de direction S.W. - N.E., large de 1,5 à 2,5 Km, dont la limite occidentale est l'Ognon. Cette bande débute dans la région du Magny-de-Fresse et suit la vallée de l'Ognon jusqu'à Servance.

L'aspect macroscopique du microgranite varie du Sud vers le Nord :

- Au Sud de la ferme de la Caleuche, il est caractérisé par la présence de phénocristaux de quartz bien développés.

- Au Nord, le microgranite ne présente plus ce caractère. Cette transition est remarquable parce qu'elle correspond à la limite entre la région intermédiaire et la deuxième unité.

2) - Dans les limites de la région étudiée, les filons de lamprophyres, à l'exception de l'affleurement signalé au paragraphe C - d, sont localisés dans une bande de terrain large de 700 m à 1,2 Km, de direction sensiblement Est - Ouest, qui débute à la vallée de l'Ognon au Sud de Ternuay. Elle longe la limite méridionale de l'unité des roches acides.

3) - Les pointements de microsyénite alcaline et de syénite albitique sont localisés dans la forêt d'Arobert, c'est-à-dire dans le quart N.E. de la série dévono-dinantienne.

4) - Les pointements et filons de trachyandésite sont localisés autour du Bas de la Grève, c'est-à-dire uniquement dans les roches acides.

Lors de l'étude des directions des filons (chapitre III B), nous mesurerons l'importance que prend cette répartition dans l'hypothèse d'une relation entre la tectonique et la mise en place de ces roches éruptives.

Nous résumons les données de ce chapitre dans la planche III où figure une coupe géologique au 1/25.000ème. De direction N.E. - S.W., cette coupe joint la région de Servance à celle de Malbouhans (points A. à B. de la carte géologique).

Afin de diminuer l'erreur introduite par l'interprétation de la structure souterraine à partir des observations de surface, nous limitons arbitrairement la profondeur de la coupe à l'altitude + 50 m.

Nous admettons que les coulées andésitiques concordantes avec les pélites schisteuses peuvent se prolonger latéralement en profondeur. Cette hypothèse est également valable pour la représentation des tufs qui remplissent de larges et profondes fissures. Il en est encore de mêmepour les roches rouges dont nous pouvons considérer les pointements, les massifs et leurs apophyses observés en surface, comme le résultat d'une section de la topographie avec le remplissage de cheminées volcaniques, de fissures ou de filons columnaires et lamellaires, associés ou non avec des injections annexes ramifiées. L'augmentation du diamètre de ces conduits, proportionnelles à la profondeur, traduit l'hypothèse d'une ramification superficielle des voies d'injection du magma rhyolitique à partir d'une ou d'un très petit nombre de dislocations majeures de l'écorce terrestre.

La figuration de la"cheminée" ayant permis la montée du trachy-andésite implique un trajet sinueux voisinant la verticale, puisque le plan de coupe passe légèrement à l'Ouest du pointement en surface.

Les unités structurales décrites dans ce chapitre sont nettement visibles sur la coupe :

- Le substratum de la première unité est représenté par le vaste synclinal de schistes viséens à intercalations andésitiques. Il est bordé au S.W. par les couches du Carbonifère qui plongent en direction du centre du bassin de Ronchamp. Il est surmonté par les grès triasiques transgressifs au Mont de Vannes et à la Montagne de Fresse, où il se termine.

- La région intermédiaire est limitée entre la Montagne de Fresse et le Mont Gillot ; dans son substratum, l'importance des schistes diminue au profit de celle des intrusions de tufs et de roches rouges.

- Du Mont Gillot à l'extrèmité N.E. de la coupe, le substratum de la deuxième unité est représenté par une masse importante de roches rouges englobant des tufs de massifs résiduels et recoupés de roches en intrusions filoniennes et columnaires.

CHAPITRE II

ETUDE PETROGRAPHIQUE DES DIFFERENTES FORMATIONS

A - LA SERIE VOLCANO-DETRITIQUE DU VISEEN INFERIEUR

1°) - Les pélites schisteuses, gréseuses, les grauwackes :

Les pélites fines sont constituées d'une alternance de lits phylliteux (micas blancs et colorés) et de lits riches en débris de quartz et feldspaths altérés (R.W. KARPINSKI - 1931- , Y. GUINTRAND -1963-). Leur schistosité correspondant à l'orientation des micas parallèle au litage est, selon (R. FOURMARIER (1950), une schistosité de fracture. Dans les cas rares où les pélites perdent ce caractère, l'examen microscopique montre une roche à cristaux de quartz et de feldspath peu nombreux de 0,02 mm rarement 0,04 mm, sur un fond abondant de séricite en paillettes très fines et de chlorite, criblé de petites concentrations de minerais.

Dans les pélites gréseuses et les grès à ciment pélitique, l'augmentation de taille des cristaux facilite leur détermination. Il s'agit de fragments usés de quartz en grande quantité, de feldspath beaucoup moins nombreux pris dans une sorte de "trame" sériciteuse et chloriteuse plus ou moins abondante selon les échantillons et d'un lit à l'autre. Notons la présence de minéraux accessoires tels qu'apatite, sphène, goethite et ilménite d'origine détritique.

Il n'est pas rare d'observer au sein des pélites fines des lits ou des lentilles ne dépassant pas quelques centimètres d'épaisseur et de granulométrie grossière (jusqu'à 5 mm). Ils sont composés de cristaux assez anguleux de quartz, d'albite, de plagioclase et de fragments de roches éruptives très altérées, de minéraux détritiques déjà cités, reliés par un

ciment pélitique et chloriteux. Leur description coïncide avec celle que J. JUNG (1963) donne des grauwackes du Culm des Vosges.

2°) - Les roches vertes et les pillow-lavas:

L'étude des roches vertes résume celle que nous avons effectuée lors de la réalisation de notre diplôme (1964).

Les roches vertes

Seule l'étude microscopique décèle la présence de quatre types de structure parmi les roches vertes, reliés entre eux de façon indistincte par des termes de passage à structure intermédiaire. Ces quatre types sont :

a) - La structure microgrenue porphyrique.
b) - La structure doléritique
c) - La structure gerbée
d) - la structure microlitique

a) - La structure microgrenue porphyrique :

Nous étudions des échantillons prélevés à l'Ouest des Granges du Mont de Vannes, aux points de coordonnées :

x = 920,00 y = 314,50
x = 920,30 y = 314,78

Les phénocristaux souvent très abondants mesurent de 2 à 5 mm ; ce sont des plagioclases et des pyroxènes.

Les plagioclases automorphes sont tous altérés en séricite et muscovite. Lorsque l'altération n'affecte que le centre des cristaux, nous observons une zonation accentuée. La zone externe a en moyenne une composition

d'oligoclase An_{25}, 2Vz = 80°. Alors que le feutrage de séricite accompagnée de calcite et d'épidote nous masque les zones centrales, l'observation de sections plus fraîches a permis à M. DENISE (1963) de déterminer à cet emplacement de l'andésine An_{45}.

La présence de titane dans sa composition colore en mauve pâle les sections du pyroxène observées en lumière non analysée. Ce caractère se retrouve dans tous les pyroxènes des roches vertes en général. Les phénocristaux automorphes présentent des macles polysynthétiques, de Carlsbad, en croix et "en sablier". Ce pyroxène présente les caractères optiques suivants :

$$Z\wedge C = 38 \text{ à } 42° \; ; \; ng - np = 0{,}026 \text{ à } 0{,}027 \; , \; 2Vz = 46°.$$

Les méthodes de détermination des clinopyroxènes de A. POLDEVAART et H.H. HESS (1951), à la suite des travaux de H.H. HESS (1949) et I.D. MUIR (1951) sont représentées par les diagrammes des Pl. IV-A et B. Elles nous permettent de constater que ces caractères optiques sont ceux d'une augite, plus précisément ici d'une titano-augite.

La pâte est constituée de cristaux de même nature mais de taille inférieure : 0,5 à 1 mm. Les plagioclases moins altérés ont une composition d'andésine An_{36}. Dans les interstices ont cristallisé secondairement de la chlorite (pennine) abondante, qui colore la roche, de la muscovite vacuolaire de l'épidote en grains nombreux. Le sphène, l'apatite, la calcite et le quartz sont très rares. Plus fréquente est l'ilménite en cristaux dont la croissance particulière donne lieu à des figures caractéristiques.

La transformation de l'ilménite en leucoxène est plus ou moins avancée selon les cristaux.

L'analyse modale donne la composition suivante :

Andésine	51,49 %
Augite	13,85 %
Micas blancs	13,12 %
Minerais (ilménite, leucoxène, sphène)	4,09 %
Epidote	4,60 %
Chlorite	12,84 %

Les indices de J. JUNG et R. BROUSSE (1959) : SAT = 0, COL = 48,51 FELDS = 0, nous indiquent que cette roche est de type mésocrate holoplagioclasique. L'analyse chimique d'une roche semblable décrite par M. DENISE (1963) et reproduite dans le tableau I p.57 analyse n° 1, correspond à celle d'une andésite. Elle est comparable aux analyses n° 2 et 3 de roches vertes prélevées dans des régions voisines.

Dans notre cas, il s'agit d'une andésite microgrenue hyperporphyrique à pyroxène.

L'appauvrissement en pyroxène de certains échantillons en fait des andésites simples.

b) - La structure doléritique :

Les échantillons étudiés proviennent des points :

x = 921,85 - y = 315,58, à l'Ouest de la Scierie du Creusot
x = 925,35 - y = 316,10 , au lieu dit "l'Etoit"

La structure doléritique franche est caractérisée par un réseau de lattes feldspathiques emprisonnant les autres minéraux. Bien individualisées, ces lattes sont parfois ployées et possèdent une extinction onduleuse. Ceci peut résulter d'actions dynamiques subies par la roche où de l'accroissement des cristaux suivant des directions perpendiculaires ou encore des pressions exercées par la cristallisation des minéraux interstitiels.

Le feldspath a une composition d'andésine An_{42}, 2Vz = 89°. Dans les mailles du réseau ont cristallisé : le pyroxène (une titano-augite)

et les minéraux accessoires cités précédemment.

L'analyse modale donne les résultats suivants :

Andésine	50,88 %
Augite	17,01 %
Chlorite	18,53 %
Sphène	6,74 %
Epidote	3,20 %
Ilménite-leucoxène	1,68 %
Apatite	0,67 %
Goethite	1,26 %

Les indices modaux sont très voisins de ceux définis dans le premier type de structure : SAT = 0 , COL = 49,12 , FELDS = 0.

L'analyse chimique d'une roche de structure semblable étudiée par M. DENISE (1963) lui attribue la nature d'andésite doléritique à pyroxène.

c) - La structure gerbée :

Les échantillons étudiés sont prélevés au Sud du Volvet au point de coordonnées : x = 922,85 - y = 314,55.

La répartition particulière des feldspaths et l'absence de pyroxène caractèrisent cette structure.

Le feldspath a une composition d'andésine An_{39}, $2Vz = 86°$. Il se présente sous forme de fines baguettes automorphes groupées en sorte de "gerbes" d'aspect ramifié, rayonnant, régulièrement réparties et anastomosées en un réseau clair se détachant sur le fond sombre de la roche.

Ces "gerbes" feldspathiques seraient dues à l'accentuation de phénomènes fluidaux (A.JOHANSEN, 1957). Il est possible que l'absence de pyroxène soit due à une altération accélérée, favorisée par l'endomorphisme des venues magmatiques par des roches riches en chaux.

L'analyse modale donne la composition suivante :

Andésine	50,98 %
Chlorite	32,19 %
Sphène-leucoxène	7,36 %
Calcite	8,54 %
Quartz	0,26 %
Goethite	0,66 %

Les indices modaux semblables aux précédents sont :

SAT = 0 , COL = 48,76 , FELDS = 0

d) - La structure microlitique :

Les échantillons étudiés sont prélevés au S.E. du Raddon : x = 920,90 - y = 315,65 , et au Nord des Feux du Courn : x = 925,35 - y = 316,10

La pâte microlitique contient des phénocristaux en quantité variable. Elle corrode les bords des lattes d'andésine souvent séricitisée. Le pyroxène est une augite dont les caractères optiques sont :

$Z \wedge C = 37$ à $42°$, $ng - np = 0,027$, $2Vz = 47°$ (cf. Pl. IV A & B)

Les cristaux de la pâte sont de même nature que les phénocristaux. La zone centrale des microlites d'andésine s'altére en séricite et contient de la chlorite, leurs bords sont limpides. Les minéraux accessoires ne varient pas. Localement, cette structure microlitique peut passer à une structure intersertale.

Les structures des roches vertes ont donc des relations entre elles. Les types francs que nous venons de décrire s'intégrent dans une série de structures allant des types bien cristallisés aux types microlitiques et cryptocristallins.

Les pillow-lavas

Cette étude résume la note citée p. 11.

a) - Etude micrographique des coussins :

Deux zones différent par leur structure. La zone externe de 1,5 cm d'épaisseur est caractérisée par une structure intermédiaire entre la structure gerbée typique et la structure sphérolitique. La zone interne est caractérisée par une structure gerbée franche.

La zone externe :

Jusqu'à 2 à 3 mm sous la surface du coussin les sphérolites de 0,3 à 1 mm de diamètre formés de fibres feldspathiques englobant des"amandes" ou "gouttelettes" chloriteuses,sont distincts et reliés par un ciment vitreux ou chloriteux.

Au-delà et jusqu'à 1,5 cm de la surface, les sphérolites s'allongent et s'anastomosent par leurs terminaisons ramifiées. L'allongement est parallèle à la surface du coussin.

La forme hexagonale de fantômes de minéraux et les produits d'altération qu'ils renferment, se rapprochent de ceux décrits par A. DELESSE (1847) dans le Porphyre de Belfahy. Il s'agirait de "l'augite des volcans" qui aurait cristallisé lors d'une phase primaire de consolidation de la lave, puis aurait subi une pseudomorphose totale.

La composition modale de cette zone est la suivante :

Feldspath	27,47 %
Fond vitreux	37,35 %
Chlorite	18,74 %
Minerais opaques	9,23 %
Sphène-leucoxène	3,39 %
Calcite	2,66 %
Quartz	1,15 %

La zone interne :

La structure gerbée s'accentue et la diminution d'importance du fond vitreux coïncidant avec l'augmentation du matériel feldspathique est proportionnelle à la distance de la surface du coussin. Ce phénomène est dû au refroidissement plus brutal de la zone externe dont la surface fut en contact direct avec l'eau.

L'analyse modale de lames taillées à 2 et 3 cm de la surface du coussin le traduit nettement :

Feldspath	42,73 %
Fond vitreux	17,27 %
Chlorite	18,55 %
Minerais opaques	10,33 %
Sphène et leucoxène	3,43 %
Calcite	7,02 %
Quartz	0,88 %

Les baguettes de feldspath altérées en leur centre présentent parfois la macle de Carlsbad. Mais leur altération et leur finesse ne permettent pas la détermination des caractères optiques.

L'analyse chimique d'un échantillon limité au bord du coussin et à 5 cm de ce bord (Tableau I - p. 57 analyse n° 4) met en évidence les caractères classiques des spilites :

- Pauvreté en SiO_2 et CaO
- Richesse en éléments alcalins et H_2O+

L'importance de K_2O relative à Na_2O et CaO confère à la majeure partie du feldspath une composition d'orthose.

L'analyse de poudres aux Rayons X complète ces résultats et nous montre que le pourcentage de K Al Si_3O_8 dans l'orthose est en moyenne de 96.

Le feldspath de ce spilite est donc une orthose à faible pourcentage de sodium.

b) - Etude micrographique de la matrice :

Elle est formée de travées de 1 à 1,5 mm d'épaisseur de calcite accompagnée de quartz, alternant avec des lits de pennine lamelleuse. Entre ces couches sont grossièrement alignés de l'albite An_5 - $2Vz=78°$ en plages amiboïdes, du clinochlore en grosses membranes et des fantômes de minéraux semblables à ceux décrits dans le coussin.

Conclusion

L'étude minéralogique et chimique des roches vertes prouve qu'elles résultent de la cristallisation d'un magma andésitique à pyroxène dans des conditions de milieu variables déterminant des types de structure.

L'étude des pillow-lavas montre qu'exceptionnellement, la lave peut avoir la composition d'un trachyte alcalin orthosique à caractère spilitique. Cette architecture qui à notre connaissance n'a jamais été décrite dans les Vosges méridionales, prouve bien que la série de schistes et intercalations de roches vertes s'est mise en place dans un géosynclinal.

T A B L E A U I

Analyses chimiques des roches vertes et des pillow-lavas.

Liste des analyses

1 - Roche verte prélevée près de l'ancienne gare de Belonchamp.
M. DENISE et J. THIEBAUT . Ann. Sc. Univers. Besançon. 1963
Analyse B.R.G.M.

2 - Roche verte de la région de Faucogney.
Y. GUINTRAND . Thèse Fac. Sc. Besançon . 1963
Analyse B.R.G.M.

3 - Andésite de Servanceuil.
E. JEREMINE . Bull. Soc. Géol. Fr. 1932 , 5ème S. T. 2, p. 603

4 - Fragment de coussin des pillow-lavas.
Analyse Mlle MOREAU . Besançon . 1964

Analyses en poids d'oxydes

	1	2	3	4
SiO_2	49,80	48,8	52,30	46,00
Al_2O_3	19,75	15,8	15,68	19,66
Fe_2O_3	0,75	2,8	7,16	4,94
FeO	5,50	7,0	3,58	5,45
MnO	0,06	0,15	0,18	-
MgO	7,10	4,75	3,70	5,60
CaO	9,00	9,7	3,30	1,41
Na_2O	2,80	5,20	3,98	2,59
K_2O	1,25	0,35	4,00	6,71
P_2O_5	0,08	-	0,20	0,43
TiO_2	0,50	1,40	2,26	1,05
CO_2	0,26	0,20	1,08	0,70
H_2O+	-	3,30	2,15	4,20
H_2O-	3,00	0,15	0,48	0,14
Paramètres C. I. P. W.				
p	II	II'	II	(I)II
q	5	5	5	5
r	4	'3	2	1
s	4	5	3(4)	2(3)
An%	61	30	-	0

Nombre de cations pour cent

	1	2	3	4
Si	47,07	46,6	50,2	45,00
Al	21,95	17,7	17,7	22,62
Fe+++	0,51	2,1	5,1	3,58
Fe++	4,31	5,5	2,8	4,40
Mn	0,06	-	-	-
Mg	10,04	6,7	5,3	8,22
Ca	9,07	9,9	3,3	1,46
Na	5,10	9,6	7,3	4,93
K	1,47	0,5	4,9	8,64
P	0,06	-	-	0,35
Ti	0,34	1,0	1,6	0,76
C	-	0,2	1,3	-
Paramètre R	39,9	50,5	78,0	81,89

B - LES TUFS

La terminologie utilisée pour décrire ces formations dans le chapitre I - B, tient compte de la granulométrie et de la composition des roches. Nous nous référons à trois classifications des roches pyroclastiques.

- La classification granulométrique de J. JUNG (précis de pétrographie 1963).

Diamètre des éléments	Roches meubles	Roches cimentées
Plus de 30 mm	Blocs	Brèches
De 30 à 2 mm	Lapilli	Tufs
Moins de 2 mm	Cendre	Cinérites

- Les classifications granulométriques, en millimètres, des matériaux pyroclastiques de WENTWORTH et WILLIAMS (1932) et BLYTH (1940).

	W.et W.	Blyth
Blocs	> 32	> 32
Lapilli	32 à 4	32 à 4
Cendre grossière	4 à 1/4	4 à 0,5
Cendre fine	$< 1/4$	0,5 à 0,05
Poussière volcanique		$< 0,05$

Les roches que nous avons décrites sont toutes consolidées. L'aspect macroscopique nous a permis de définir trois faciès correspondant chacun à une position géographique et géologique déterminée.

Le faciès caractèrisé par la présence de gros éléments atteignant 10 cm est selon J. JUNG (1963) une "brèche". Cependant, l'étude microscopique montre que ces éléments sont cimentés par d'autres beaucoup plus fins et parfois très nombreux. Cette remarque est également valable pour le faciès caractèrisé macroscopiquement par des éléments atteignant 15 mm. La classification de J. JUNG (1963) ne nous permet donc pas d'exprimer la composition granulométrique réelle de ces roches.

Afin de les dénommer selon une expression tenant compte des caractères de détermination macroscopique et de la composition granulométrique, nous groupons d'abord toutes ces roches sous le terme de"tufs" qui traduit leurs caractères pyroclastiques. Puis, en ce qui concerne les tufs contenant des fragments de roches préalablement formées, ou tufs lithiques, nous précisons la taille de leurs éléments en se référant aux classifications américaines.

Ainsi, nous définissons des "tufs lithiques à blocs" et "à lapilli". Pour caractèriser les tufs dont les éléments sont fins, c'est-à dire équivalents aux cendres et poussières volcaniques, et essentiellement constitués de fragments de cristaux, la simple dénommination de "tufs à cristaux" suffit.

Etudions chaque type successivement :

1°) - Les tufs à cristaux :

Les échantillons étudiés sont prélevés au Lieu dit "le Féga" et au Sud du Larmet, aux points dont les coordonnées sont citées à la p. 21.

Leur étude microscopique prouve la constance de leurs caractères structuraux et minéralogiques.

a) - Les éléments :

Leur taille varie de 0,01 à 2,5 mm et atteint exceptionnellement 4,2 mm. Il s'agit de feldspath, de quartz et de biotite.

+ Les cristaux de feldspath sont tous des débris anguleux dont la section généralement assez fraiche montre souvent les macles de l'albite et de la péricline. L'extinction de ses sections est souvent fortement onduleuse. Les plans de macle sont brisés, parfois simplement tordus. Le premier cas implique la consolidation de la roche pulvérisée lors de l'explosion volcanique. Le second implique une certaine plasticité des cristaux lorsqu'ils subirent des déformations. Ils peuvent donc provenir de la pulvérisation d'une roche plus ou moins fondue dans les conditions de pressions et de températures propres aux activités volcaniques.

Ces feldspaths ont une composition variant de celle de l'albite An_5 , $2Vz = 78°$ à celle de l'oligoclase An_{20}, $2Vx = 84°$. L'angle d'extinction varie de 8 à 16°. L'ensemble des mesures indique un fort pourcentage d'albite An_5 à An_{13}, $2Vz = 78°$ à $2Vz = 88°$.

Les contours de ces débris de cristaux sont parfois soulignés par des amas d'oxydes ferriques ou corrodés par le ciment. Les sections montrent généralement une fine et régulière ponctuation des mêmes oxydes. Leurs craquelures sont souvent remplies secondairement de quartz et de chlorite.

D'autres feldspaths moins abondants sont peu ou pas maclés. Il s'agit d'orthose $2Vx = 60$ à 62° assez souvent perthitique.

+ Les cristaux de quartz se présentent en débris dont les contours sont parfois nets et anguleux, mais le plus souvent fortement corrodés. Leur extinction est presque toujours onduleuse. Dans certains golfes de corrosion le cristal est séparé du ciment par une frange de microcristaux de quartz dont l'orientation est perpendiculaire à la surface de séparation .

+ La biotite moins abondante que les feldspaths et le quartz se présente en lamelles déchiquetées et tordues . Elle est toujours plus ou moins altérée par déferrification et chloritisation. Elle existe en inclusion

dans quelques cristaux de quartz sous forme de petites lattes bien conservées.

b) - Le ciment :

Il est essentiellement constitué par de fins débris des minéraux décrits ci-dessus, reliés par un fond généralement abondant. Celui-ci est très rarement vitreux mais le plus souvent formé de quartz dont les microcristaux aux contours flous s'interpénétrent en une sorte de "puzzle" ou se développent en fibres groupées en sphérolites et axiolites. Il s'agit de figures typiques de dévitrification. D'après C.S. ROSS et R.L. SMITH (1961) la dévitrification est le plus distinctif des caractères des tufs coulées de cendre ("ash-flow tufs"). Ces auteurs remarquent également que les tufs rhyolitiques paraissent plus facilement dévitrifiés que les tufs andésitiques.

La finesse des cristaux ne permet pas la mise en évidence d'autres minéraux pouvant être associés au quartz, tels que les feldspaths.

Localement, ce fond est mêlé à un feutrage de séricite et de chlorite. Cette dernière se présente également en "traînées", en géodes et en sphérules de 0,03 mm de diamètre ; elle est très fréquente.

Le ciment contient sous forme d'amas ou de ponctuation une grande quantité de minerais, principalement de la goethite.

L'apatite en cristaux brisés est presque toujours présente.

La calcite sous forme vacuolaire ou géodique est assez rare. Elle est par contre abondante dans des fantômes de minéraux où elle est associée à de la séricite, de la chlorite et de la goethite en amas d'exsudation dessinant les contours et les clivages des anciens minéraux. La forme prismatique de ces fantômes et les produits d'altération ne permettent pas d'affirmer s'il s'agit d'anciennes biotites ou amphiboles ou d'anciens pyroxènes.

Dans un échantillon prélevé à 800 m au Sud du Larmet, au point de coordonnées : x = 926,49 - y = 315,40, le ciment contient de nombreuses et fines lamelles de biotite tordues et déchiquetées. Son analyse modale figure dans le tableau suivant (n° 2). L'analyse n° 1 est effectuée sur un échantillon prélevé au "Féga" (x = 922,61 - y = 318,11).

Ces analyses modales révèlent les variations qui affectent le pourcentage du ciment par rapport aux débris, et de certains minéraux par rapport aux autres.

Minéraux	1		2	
	% du total	% des cristaux	% du total	% des cristaux
Quartz	30,17	40,38	12,22	24,00
Plagioclases	29,97	40,12	26,79	52,61
Felds.alcalins	12,80	17,13	6,11	12,00
Biotite	1,77	2,37	5,80	11,39
	74,71		50,93	
Ciment	25,29		49,07	

En tenant compte du fait que le ciment est en grande partie au moins constitué de quartz, ces compositions modales confèrent à ces tufs quartzo-feldspathiques leucocrates les caractères d'une rhyodacite. Leur faciès est rhyolitique, il s'agit donc de tufs rhyolitiques calco-alcalins.

Genèse de ces tufs

Les débris de cristaux tels que quartz, biotite, feldspaths alcalins et calco-alcalins, sont de même nature que les minéraux des roches granitiques.

Il est probable que ces matériaux résultent au moins en partie de la pulvérisation des roches de la croûte sialique. Les tufs représenteraient l'accumulation de ces matériaux dans les fissures telles que nous les avons décrites p. 26 et p. 46.

2°) - Les tufs lithiques à lapilli :

L'échantillon type étudié est prélevé au S.W. du Prémillon (x = 923,81 - y = 317,73). Ce choix nous parait justifié par la variété des éléments qu'il contient.

a) - les éléments :

Les débris pyroclastiques de quartz et de feldspath sont accompagnés de fragments de roches sédimentaires, métamorphiques et éruptives. Les deux premiers types de roches ne se rencontrent que dans les échantillons du Prémillon.

Il s'agit de pélite très fine, probablement arrachée à faible profondeur au substratum de la région ou mêlée en surface aux débris volcaniques.

Les roches métamorphiques sont représentées par des quartzites contenant un minerai cubique (pyrite) et des schistes quartzeux à séricite et chlorite. Elles sont d'origine plus profonde correspondant à l'épizone de métamorphisme dans la séquence pélitique des séries d'ectinites.

Les roches éruptives sont toutes de structure microgrenue ou microlitique, semi vitreuse ou vitreuse. Elles sont de teinte gris verdâtre, verte et rouge.

+ Les fragments de couleur claire, gris verdâtre, montrent au microscope une structure microgrenue porphyrique.

Les phénocristaux automorphes sont des lamelles de biotite presque intactes et des feldspaths dont la pseudomorphose par la calcite, la séricite et la chlorite laisse cependant apparaitre une zonation.

La pâte microgrenue est une association de quartz et de feldspath en cristaux xénomorphes, admettant de fines lamelles de chlorite dans les interstices.

L'altération et la petite taille de ces fragments ne nous permettent de formuler qu'une hypothèse sur la nature de la roche. Sa structure et sa composition minéralogique se rapprochent de celles d'une microdiorite.

+ Les fragments de couleur verte montrent une structure microlitique hyperporphyrique.

Les phénocristaux automorphes de feldspaths, de taille n'excédant pas 1,4 mm , sont fortement séricitisés et zonés. Leur disposition dans la pâte confère à la structure un aspect fluidal.

La pâte riche en chlorite et pigmentée de minerais montre des microlites de feldspath très fins et très altérés, se détachant sur un fond sombre, vitreux. Elle contient également des fantômes de minéraux de formes polygonales, remplis de chlorite et de calcite et qui sont probablement d'anciens ferromagnésiens.

Avec les réserves qu'imposent les remarques citées plus haut, nous rapprochons ce type de roche à celui des hyalo-basaltes.

+ Les fragments de couleur rose ou rouge sont de structures variables : microgrenue, microlitique ou semi-vitreuse, porphyrique.

Leurs caractéristiques constantes sont :

- La présence de phénocristaux d'albite An_5 dont le degré de séricitisation est généralement assez faible et qui sont teintés par de fines inclusions de goethite. Leur taille n'excède pas 3 mm.

- La composition de la pâte qui est une association de quartz et de feldspath, et sa pigmentation due à la goethite et responsable de la teinte de la roche. Les feldspaths sont des plagioclases et de l'orthose plus rare, en microlites maclées Carlsbad. Notons l'existence de fines baguettes d'apatite et de lamelles de chlorite.

Lorsque la pâte est microgrenue, la disposition des cristaux devient micrographique.

Le plus souvent, les cristaux et les microlites ont des bords flous et baignent dans un fond semi-vitreux.

Certains fragments contiennent des phénocristaux de pyroxène dont les caractèristiques optiques : $Z \wedge C = 38$ à $40°$, $ng - np = 0,026$, $2Vz = 43°$ sont ceux d'une augite.

La couleur, la structure et la composition minéralogique de ces éléments sont analogues à celles des roches rouges acides décrites par A. ANDROZ (1964) et J. GUERRILLOT(1964). Leur présence au sein des tufs lithiques est constante.

3°) - Les tufs lithiques à blocs :

L'étude microscopique prouve qu'à quelques exceptions près la nature des blocs et des lapilli est la même.

Les exceptions résident dans l'absence de fragments de roches sédimentaires et métamorphiques et la présence de certaines roches de couleur brun verdâtre, violacée ou noire.

Les échantillons de tufs prélevés sur le chemin de la Folleterre au point de coordonnées : $x = 925,49$ - $y = 317,81$, contiennent de tels éléments.

L'un de ces éléments que nous décrivons a un aspect macroscopique dont la ressemblance avec celui de la roche qui constitue le porphyre de Belfahy est frappante. Dans le fond aphanatique noir se détachent des lattes de feldspath blanc verdâtre de 5 à 6 mm et quelques cristaux prismatiques noir-verdâtres de 4 mm.

Au microscope, nous observons une structure microlitique porphyrique. Les phénocristaux de feldspath sont automorphes et présentent les macles de l'albite et de la péricline. Ils montrent généralement une mince zone extérieure souvent séricitisée. Cette altération est plus ou moins intense selon les cristaux et les fragments. En moyenne, la composition du feldspath est celle du labrador An_{55} - $2Vz = 73°$ $Z \wedge C = 30°$.

Les phénocristaux de pyroxène (augite) sont plus rares. Par contre, de nombreux grains d'augite sont disséminés dans la pâte. Celle-ci est de structure microlitique à semi-vitreuse. Les microlites de feldspath sont difficilement discernables sur un fond vitreux, assombri par une ponctuation dense de minerais accompagné de fines lamelles de chlorite.

Certains fragments de roche présentent une structure où les deux temps de consolidation ne sont pas aussi nettement marqués. Les feldspaths de taille variable sont très altérés. Les pyroxènes sont plus abondants.

La structure et la composition minéralogique de ces éléments sont celles de labradorites.

Les blocs occupent de 50 à 80 % du volume de ces formations, ce qui restreint l'importance du ciment. La composition de celui-ci diffère de celle du ciment des autres types de tufs par la rareté des débris de cristaux de quartz, la présence de nombreux feldspaths séricitisés, de fragments de pyroxène et localement de calcite microgranulaire.

4°) Conclusion :

L'étude pétrographique des tufs nous permet d'adjoindre à la notion de répartition en bandes successives de leurs affleurements signalée dans le chapitre I p. 26, une hypothèse sur leur genèse et la chronologie de leur mise en place. Nous pouvons distinguer deux "temps" dans l'évolution des caractères du volcanisme :

- 1 - Dans un premier temps, l'ouverture des fissures correspondant aux dislocations de l'écorce terrestre produites par les plissements hercyniens, permet à un volcanisme de type explosif de se manifester. Les tufs à cristaux se mettent alors en place. L'origine de leur matériel peut être due soit à l'un ou à l'autre des phénomènes suivants, ou aux deux conjugués :

- La pulvérisation des roches de la croûte sialique.

- Une éruption fissurale de type explosif d'un magma acide.

- 2 - Dans un second temps, ces fissures sont injectées par :

- Le magma anatectique, d'abord exprimé de façon fragmentaire dans les tufs lithiques, puis massivement par la cristallisation des rhyolites.

Elles peuvent avoir également permis l'injection :

- du magma basaltique exprimé sous forme de roches basiques (labradorite).

- d'un magma hybride ou d'un magma syntectique résultant de l'assimilation de matériel sialique par le précédent magma et exprimés par des roches un peu plus acides telles que les microdiorites.

La répartition en bandes est conforme à l'impossibilité presque totale pour deux éruptions linéaires successives de se faire sur la même fissure (A. RITTMANN - 1963).

Notons que ces observations aboutissant à décomposer les activités volcaniques de la région en plusieurs "temps", coïncident avec les études de M. AMEIL (1963) sur les tufs viséens de la région de Manzat (Puy-de-Dôme). L'auteur distingue deux faciès différents et superposés :

- Un faciès "granitique", inférieur, rappelant d'assez près les tufs à cristaux,

- un faciès "laves" supérieur, assez proche des tufs lithiques que nous décrivons.

C - LES ROCHES ROUGES

Rappelons brièvement les raisons évoquées au chapitre I p. 34, qui nous font préférer le terme de rhyolite à celui de granophyre pour dénommer les roches rouges :

- La structure ne présente que très rarement de la micropegmatite et des sphérolites.

- La pâte abondante semi-vitreuse à microcristalline est riche en quartz dont par ailleurs les phénocristaux sont rares.

L'échantillon que nous décrivons présente ces caractères minéralogiques. La composition chimique de l'ensemble de ces roches est la même. C'est ce que prouve l'examen du tableau II p. 74 regroupant les résultats d'analyses effectuées sur des échantillons prélevés à divers endroits de la région. Dans la classification de A. LACROIX (1959) ces roches sont placées à la limite rhyolite-trachyte correspondant aux familles des granites alcalins orthosiques et des syénites alcalines orthosiques.

Les différents types de structures que nous avons signalés dans le Chapitre I correspondent à des variations des conditions du milieu lors de la cristallisation d'un même magma.

Etude microscopique de la rhyolite du Bois du Sapoz

L'échantillon étudié est prélevé au point : x = 926,68 - y = 317,54
La structure est microcristalline porphyrique.

1°) - Les phénocristaux :

a) - Les feldspaths :

Les phénocristaux automorphes de feldspaths sont le plus souvent de grandes lattes pouvant atteindre 8 mm de long. Par ordre

décroissant d'importance il s'agit :

+ d'orthose maclée suivant la loi de Carlsbad. L'angle de ses axes optiques est 2 Vx = 58 à 62°. Ses sections sont plus limpides que celles des plagioclases, elles montrent toujours une pigmentation très fine de goethite. La présence de perthite est décelable dans un grand nombre de cristaux par l'observation de facules d'albite. Les plans des macles très fines de ces facules sont souvent parallèles à l'allongement ou aux bords des lattes.

+ de plagioclase dont les caractéristiques optiques $Z\wedge C = 14°$, 2 Vz = 80 à 84° sont celles de l'albite An_{7-10}. Les paillettes de séricite souvent orientées par les directions de clivage ne masquent pas les macles polysynthétiques.

Le mode d'association cristallographique de nombreux cristaux de feldspath est le caractère minéralogique particulier de cette structure : souvent les lattes d'orthose englobent totalement ou partiellement celles d'albite. Dans le premier cas, l'albite se trouve donc en inclusion. Dans le second, une extrémité d'un cristal de plagioclase est emboitée dans un cristal d'orthose. Les deux lattes sont alors dans le prolongement l'une de l'autre, celle d'orthose est évidemment la plus large. Les plans de macle de l'albite sont parallèles à l'axe d'allongement de l'ensemble. Cette description correspond au cas le plus typique.

L'emboitement partiel et l'aumorphisme fréquent des lattes de plagioclase élimine l'hypothèse d'une albitisation de l'orthose qui ne peut dépasser le cadre de ce cristal, au profit de celle d'une cristallisation successive des deux minéraux. Il s'agit là d'un phénomène d'adularisation, complète ou partielle (Cf. photo 1 - Pl. B).

b) - La biotite :

Les lamelles de biotite déferrifiée sont moins abondantes et plus petites que les feldspaths : leur taille n'excède pas 2,5 mm. La chloritisation respecte généralement les anciens clivages encore

marqués par des amas d'exsudation de goethite. La présence d'apatite confère à cette altération une origine en grande partie pneumatolytique. La biotite parfois en inclusion dans les feldspaths est de cristallisation primaire.

c) - Le quartz :

Les phénocristaux hétéromorphes de quartz sont rares et petits : leur taille maximale est de 0,45 mm. Ils émettent des ramifications dans la pâte dont ils englobent parfois de petits îlots. Ces cristaux ont donc cristallisé tardivement dans les interstices de la structure. Ils traduisent l'acidité du liquide résiduel magmatique.

2°) - La pâte :

Elle représente le second temps de consolidation de la lave caractérisé par un refroidissement rapide : sa structure est microcristalline à semi-vritreuse.

Elle est constituée de cristaux de feldspath aux contours souvent flous "baignant" dans un fond abondant de quartz dont les formes cristallines sont rarement observables. La présence dans de nombreux interstices de microcristaux de quartz d'aspect fibreux ou indentés en "puzzle" est l'indice d'une dévitrification. Cette pâte est colorée par de la goethite sous forme d'amas et d'une ponctuation très abondante gênant fortement l'observation microscopique. Elle contient de la chlorite surtout en petites géodes au voisinage des biotites altérées et quelques grains d'apatite.

L'étude des feldpaths à de forts grossissements permet d'identifier de l'orthose ($2Vx = 60°$) en microlites pigmentés de goethite et de longueur oscillant autour de 0,05 mm. Ces microlites à extinction droite ne sont pas toujours bien définis, mais leur nombre imposant parmi les feldspaths nous permet d'affirmer qu'ils en représentent au moins les trois quarts. Nous n'avons pu mettre en évidence les caractères optiques de l'autre feldspath probablement un plagioclase acide.

L'analyse modale donne les résultats suivants :

Minéraux	% du total	% des cristaux
Orthose	12,80	44,19
Albite	11,51	39,73
Biotite	3,67	12,66
Quartz	0,99	3,40
Pâte	71,03	

La nette dominance du pourcentage d'orthose sur celui des plagioclases donne à cette rhyolite une composition alcaline.

T A B L E A U II

Analyses chimiques des roches rouges.

Liste des analyses

1 - "Granophyre" de Faucogney. Y. GUINTRAND . Thèse Fac. Sc. Besançon . 1963 Analyse B.R.G.M. 1962.

2 - Roche rouge sur la route D. 133 près de la scierie du Bas de la Grève. A. ANDROZ . D.E.S. Fac. Sc. Besançon. 1964. Analyse Mlle MOREAU - Besançon

3 - Coulée prismée des Etroitures de Ternuay. J. GUERRILLOT. D.E.S. Fac. Sc. Besançon . 1964 . Analyse Mlle MOREAU - Besançon.

Analyses en poids d'oxydes

	1	2	3
SiO_2	63,9	61,00	60,58
Al_2O_3	16,0	18,75	21,98
Fe_2O_3	2,8	1,90	1,75
FeO	1,65	2,55	0,84
MnO	0,10	-	-
MgO	1,40	1,00	0,57
CaO	1,10	1,24	0,47
Na_2O	4,20	4,62	4,65
K_2O	5,10	5,5	6,04
P_2O_5	0,1	0,17	0,12
TiO_2	1,0	0,76	0,39
H_2O+	2,0	2,07	1,14
H_2O-	0,15	0,13	0,39
CO_2	-	0,30	0,12

Paramètres C. I. P. W.

	1	2	3
p	I(II)	I(II)	I
q	4	(4)5	(4)5
r	1(2)	1'	1
s	3	3	3'
An%	12	7,93	2,72

Nombre de cations pour cent

	1	2	3
Si	59,4	72	57
Al	19,7	13	24
Fe+++	2,0	1	1
Fe++	1,0	2	1
Mn	-	-	-
Mg	1,9	2	1
Ca	1,1	2	1
Na	7,5	5	8
K	6,0	3	7
P	0,1	-	1
Ti	0,7	1	1
Paramètre R	92,5	80	93,75

D - LES ROCHES DE POINTEMENTS ET LES ROCHES FILONIENNES

Nous décomposons ce paragraphe en deux grandes parties correspondant aux deux types de gisement de ces roches. Dans la première subdivision nous étudierons successivement chaque type de roche dans l'ordre décroissant d'acidité de leur composition soit :

a) - Le microgranite albitique
b) - La syénite albitique
c) - La microsyénite alcaline
d) - La microsyénite à pyroxène
e) - Les trachyandésites à pyroxène
f) - L'andésite dont le faciès tend vers celui d'une accumulite
g) - La labradorite

Dans la seconde partie nous étudierons les microgranites puis les lamprophyres.

1°) Les roches de pointements et de petits massifs :

a) - Le microgranite albitique

L'étude microscopique de lames minces taillées dans des échantillons prélevés d'un bord à l'autre du massif sur le parallèle du Jovy, ne révèle que de faibles variations dans la structure.

Celle-ci est microgrenue à tendance porphyrique.

+ Les feldspaths : en cristaux automorphes, ils se présentent sous forme de lattes dont les dimensions s'échelonnent de 0,1 à 1,8 mm mais oscillent surtout entre 0,1 et 0,4 mm. La présence de

baguettes atteignant 3 mm, rares mais régulièrement réparties dans la roche n'est observable que dans les échantillons prélevés dans la région centrale du massif.

Le bord de ces grands feldspaths est corrodé par les autres cristaux. Les caractères optiques : $Z \wedge C = 17°$, $2Vz = 82°$ sont ceux de l'albite An_8. L'étude de poudre aux Rayons X confirme la seule présence de ce feldspath. Les sections montrent une fine pigmentation de goethite, une large prédominance des macles de l'albite sur celle de la péricline et une extinction onduleuse parfois.

+ Le quartz : se présente en cristaux rarement automorphes dont la taille n'excède pas 3 mm. Il a cristallisé dans les interstices entre les feldspaths de deuxième génération dont il respecte les contours et en groupements de cristaux plus développés et plus ou moins interpénétrés.

+ La biotite : Existe sous forme de lamelles dont la taille ne dépasse pas 0,4 mm, parfois englobées ou ployées. Elle présente tous les stades de déferrification et de chloritisation.

Notons la présence de quelques prismes d'apatite et de cristaux d'épidote groupés en sorte de "nids". La présence de ce minéral est également constatée dans la syénite albitique, ce qui nous conduira à mettre en parallèle les hypothèses sur la genèse de ces deux roches.

La micropegmatite existe dans quelques espaces interstitiels et prend une allure arborescente autour de petites lattes d'albite. Sa présence traduit l'acidité du liquide résiduel magmatique.

La rareté des grandes lattes de feldspath nous indique que le premier temps de consolidation de la roche correspondant à un refroidissement lent fut relativement court. Par conséquent, la majorité des minéraux a cristallisé lors du second temps, encore plus rapide, à une température plus basse. Ces caractères de cristallisation accélérée coïncident avec le type de gisement de ce microgranite.

L'analyse modale donne les résultats suivants :

Albite	62,38 %
Quartz	16,55 %
Biotite ± déferrifiée	13,64 %
Minerais	4,70 %
Apatite	0,23 %
Epidote	0,39 %
Chlorite	2,11 %

Les indices COL = 22,07 , SAT = 74,98 , FELDS = 100 classent ce microgranite albitique dans la famille des granites alcalins .

L'étude des deux roches suivantes reprend celle de notre diplôme (1964) et apporte quelques précisions.

---

b) - La syénite albitique :

. L'échantillon étudié est prélevé au Sud du Requesson.

La structure est grenue légèrement intersertale. Elle montre essentiellement de grandes et nombreuses lattes de plagioclase et quelques cristaux prismatiques, plus petits, de pyroxène. Dans les interstices ont cristallisé de la chlorite abondante, de l'épidote et de l'apatite. Ces minéraux corrodent légèrement les bords des feldspaths.

Le plagioclase très pure présente les macles polysynthétiques, en biseau, de l'albite et de la péricline. Ses caractèristiques optiques $Z \wedge C = 16°$, $2\,Vz = 82°$ sont celles de l'albite An_{7-10}.

La moyenne des caractèristiques optiques du pyroxène : $Z \wedge C = 38$ à $40°$, $2Vz = 49°$, $ng - np = 0,027$, est représentée par un point sur le diagramme de la planche IV - A. La projection de ce point sur le diagramme de la planche IV - B correspond à une composition d'augite. Sa transformation en amphibole par petites plages à la périphérie des cristaux marque le début d'une ouralitisation. Elle est très faible dans l'échantillon étudié.

Lors de l'analyse modale, l'enchevêtrement souvent intime de l'épidote et de la chlorite introduit des inexactitudes dans leur pourcentage. Celles-ci sont rectifiées par les résultats de l'analyse chimique (tableau III p. 81).

Les données de l'analyse modale sont :

Albite	67,99 %
Chlorite	16,43 %
Minerais (ilménite, leucoxène, sphène)	6,53 %
Augite	6,40 %
Epidote	2,64 %

Les indices modaux : COL = 32,01 , SAT = 0 , FELDS = 100 donnent à cette roche la place d'une syénite alcaline, albitique dans ce cas, leucocrate.

. L'étude d'échantillons prélevés à l'Est du Requesson montre l'intensité de l'ouralitisation des pyroxènes dont il ne subsiste que quelques "noyaux" au centre des cristaux d'amphibole. L'orientation géométrique de ce minéral sur son "hôte" se traduit par le parallélisme d'une famille de clivages avec l'allongement des anciens prismes aux formes conservées.

Ses caractèristiques optiques : $Z \wedge C = 22°$, $ng - np = 0,020$, $2\ Vx = 86°$ sont celles d'une hornblende.

Cette ouralitisation est accompagnée d'une production abondante d'épidote en cristaux tabulaires et sous forme de baguettes ou prismes étroits et longs de 0,25 mm au maximum, enchevêtrés et englobés par de la calcite. Son origine pneumatolytique est prouvée par la richesse de la roche en prismes trapus et fines baguettes d'apatite.

Genèse de la syénite et du microgranite albitique

La cristallisation de la montée magmatique dans des conditions de basse température explique la présence de minéraux stables dans ces conditions : épidote, chlorite et albite de basse température. D'après F.W. BARTH (1951) un magma également riche en calcium et sodium peut donner par cristallisation à basse température de l'épidote et de l'albite en équilibre.

T A B L E A U III

Analyse chimique de la syénite albitique

Analyse effectuée par Mlle MOREAU - Besançon 1964,
sur un échantillon prélevé au Sud du Requesson :

x = 926,28 - y = 314,44

Analyse en poids d'oxydes		Nombre de cations pour cent	
SiO_2	51,27	Si	49,22
Al_2O_3	20,84	Al	23,54
Fe_2O_3	3,62	Fe+++	2,59
FeO	5,90	Fe++	4,72
MnO	-	Mn	-
MgO	2,36	Mg	3,39
CaO	4,59	Ca	4,72
Na_2O	4,79	Na	8,92
K_2O	0,80	K	0,98
P_2O_5	0,65	P	0,51
TiO_2	1,90	Ti	1,38
CO_2	0,20	Paramètre R :	67,71
H_2O+	2,21		
H_2O-	0,39		

Paramètres C. I. P. W.	
p	II
q	(4) 5
r	'3
s	(4) 5
An%	31

c) - La microsyénite alcaline :

L'étude d'échantillons prélevés dans les différents pointements ne décèle pas de variations importantes dans les caractères minéralogiques de la roche.

La structure est microgrenue à tendance porphyrique. Les tailles de cristaux se répartissent régulièrement dans une série continue et il est impossible de distinguer parmi eux des générations différentes.

+ Les feldspaths : Ils se présentent sous forme de lattes atteignant 1 mm de long ou en cristaux plus ou moins isométriques et plus fins. Ils subissent une altération modérée en séricite et muscovite et contiennent parfois de la chlorite et de la goethite dans leurs clivages et plans de macle.

Leurs caractèristiques optiques : $Z \wedge C = 16°$, $2Vz = 80°$, sont celles de l'albite An_5 pour certains et d'orthose $2Vx = 60°$ pour d'autres. Leur distinction est rendue difficile car l'un et l'autre de ces minéraux présentent fréquemment la macle de Carlsbad.

+ La chlorite : Elle se présente en lamelles fortement biréfrengentes. Leur association avec des prismes d'apatite, de fines baguettes de rutile plus rares, des amas de goethite et de sphène très abondant, ainsi que les inclusions de goethite dans leurs clivages, de fins cristaux de zircon entourés de leur auréole pleiochroïque caractèristique, permettent de penser que cette chlorite résulte de la transformation d'une ancienne biotite.

+ Les interstices entre ces minéraux sont comblés par de la micropegmatite en quantité variable.

Deux analyses modales sont effectuées, l'une (1) sur un échantillon prélevé au Plain de la Broche, l'autre (2) sur un échantillon prélevé au Roc du Plainet.

Minéraux	1	2
Feldspaths	28,76	43,43
Quartz	8,39	28,18
Micropegmatite	32,98	8,28
Chlorite	12,32	12,63
Minerais (sphène - goethite)	4,64	5,66
Apatite	0,79	1,31
Calcite	-	0,50

L'analyse n° 1 montre l'abondance de la micropegmatite par rapport au matériel feldspathique. Ceci se traduit par la profondeur d'investigation de la micropegmatite dans les cristaux de feldspath dont il ne reste parfois que des îlots intacts. Leur zone marginale est envahie par des digitations, des veinules ou des gouttelettes de quartz. Les cristaux de quartz sont peu abondants.

L'analyse n° 2 montre au contraire une diminution du pourcentage de la micropegmatite par rapport à celui du feldspath et une augmentation de celui du quartz. Dans ce cas, le quartz en cristaux xénomorphes atteignant 0,85 mm de diamètre corrode fortement les feldspaths et les englobe parfois totalement.

Dans les deux cas, les sommes des pourcentages : quartz + micropegmatite [41,37 (1) et 36,46 (2)] sont voisines. Dans les deux cas également la somme des pourcentages : quartz + micropegmatite + feldspaths [70,13 (1) et 79,89 (2)] ne varie guère. Les compositions chimiques des deux échantillons sont donc sensiblement identiques.

La diminution du pourcentage de la micropegmatite de l'analyse (2) à l'analyse (1) : 24,70 devrait être compensée par l'augmentation de celui du quartz (19,79) et des feldspaths (15,67). Or cette dernière la dépasse du double. Il faut donc admettre que dans le premier cas la micropegmatite est surtout constituée de feldspath. Bien que plus abondante, elle est moins acide que dans le second cas.

Remarque

Dans la roche du pointement oriental au Roc du Plainet, une fracturation d'origine tectonique se manifeste par la présence de fissures pouvant dépasser 2 mm d'épaisseur et remplies de mylonite. Les débris de cristaux de feldspath et de quartz à extinction onduleuse sont de taille variable mais assez fine. Leurs contours sont soulignés par de nombreuses lamelles de chlorite microscopiques, ce qui confère à cette structure cataclastique un aspect cloisonné. La présence de fines baguettes d'apatite non brisées traduit l'intervention de phases pneumatolytiques postérieures aux phénomènes dynamiques et liées aux fractures. La roche est d'autre part très riche en sphène.

Cette remarque est importante car elle peut constituer la mise en évidence de failles du socle à l'Est des derniers témoins triasiques fracturés.

L'anlyse chimique de la microsyénite du Plain de la Broche (tableau IV - p. 85) lui donne la composition d'une microsyénite alcaline légèrement quartzique.

T A B L E A U IV

Analyse chimique de la microsyénite alcaline

Analyse effectuée par Mlle MOREAU - Besançon 1964,
sur un échantillon prélevé au Plain de la Broche :

x = 923,15 - y = 314,35

Analyse en poids d'oxydes		Nombre de cations pour cent	
SiO_2	64,05	Si	59,24
Al_2O_3	17,58	Al	19,16
Fe_2O_3	1,60	Fe+++	1,11
FeO	2,41	Fe++	1,93
MnO	-	Mn	-
MgO	1,64	Mg	2,27
CaO	0,20	Ca	0,22
Na_2O	4,70	Na	8,44
K_2O	6,13	K	7,22
P_2O_5	0,18	P	0,11
TiO_2	0,54	Ti	0,39
H_2O+	1,45		
H_2O-	0,34	Paramètre R	57,48

Paramètres C. I. P. W.	
p	I(II)
q	(4)5
r	1
s	3
An%	1

d) - La microsyénite à pyroxène :

La structure est microgrenue hyperporphyrique. cf.Photo 2 Pl. B

+ Les phénocristaux comprennent des feldspaths et des pyroxènes

- Parmi les feldspaths les plagioclases sont les plus nombreux et les plus développés. Ils se présentent en lattes automorphes dont la dimension maximale oscille autour de 3 mm, atteint parfois 7,5 mm. Ils sont souvent zonés et présentent des macles en biseau, de l'albite, et de la péricline plus rarement. Leur séricitisation se développe avec une intensité variable à partir de la zone centrale. Ils englobent parfois de petits cristaux de pyroxène et de fines lamelles de biotite.

Leur composition varie de la zone externe mince et limpide (An_{12} ? $2V_z = 84°$) à la zone interne subdivisée et généralement altérée(An_{22}, $2V_x = 84°$) il s'agit donc d'oligoclase.

Le refroidissement progressif de la lave se traduit par l'existence de plagioclases de tailles intermédiaires entre celles des phénocristaux et celles des cristaux de la pâte.

L'orthose $2V_x = 63°$ se présente en lattes de dimensions nettement inférieures à celles de l'oligoclase et qui sont fréquemment maclées suivant la loi de Carlsbad.

- Le pyroxène est automorphe, la taille des cristaux n'excède pas 2,3 mm. Il subit une constante ouralitisation d'intensité variable selon les préparations. Ses caractères optiques représentés par un point (pyroxènes de la microsyénite) sur le diagramme de la Pl. IV - A sont : $Z \wedge C = 42°$, $ng - np = 0,026$, $2\ Vz = 37°$. Sa composition est celle d'une augite (Pl. IV - B). Il englobe parfois de petites lattes de plagioclase.

L'ouralitisation périphérique ne laisse subsister du pyroxène que quelques îlots intacts (photo 3 - Pl. B) mais elle en respecte parfaitement la forme et les macles polysynthétiques. Son origine pneumatolytique est prouvée par la présence de largesprismes d'apatite dans l'amphibole. Les

caractéristiques optiques de cette dernière : $Z \wedge C = 19°$, ng - np = 0,017 2 Vx = 78° sont celles d'une actinote.

+ La pâte : elle est constituée de cristaux de nature semblable à celle des phénocristaux mais de taille moyenne égale à 0,16 mm auxquels il faut ajouter de nombreuses lamelles de biotite fraîche ou présentant tous les stades de déferrification et chloritisation. Les caractèristiques optiques de cette biotite : pleiochroïsme ng : brun-noir, np : brun-clair, ng - np = 0,036 lui confère la composition d'un méroxène

Ces minéraux essentiels sont accompagnés :

- de chlorite, comme produit d'altération, en lamelles dispersées ou en petites géodes de 0,33 mm de diamètre.

- d'apatite en gros prismes atteignant parfois 0,35 mm ou en fines baguettes.

- de cristaux d'ilménite à transformation marginale en leucoxène.

Le quartz xénomorphe remplit les interstices entre les cristaux, il traduit l'acidité de la dernière phase de cristallisation de la roche.

L'analyse modale donne la composition suivante :

Plagioclases	42,30 %
Orthose	12,21 %
Quartz	5,50 %
Amphibole	20,65 %
Pyroxène	1,08 %
Biotite	7,90 %
Chlorite	2,99 %
Apatite	5,00 %
Minerais	2,35 %

Les indices modaux COL = 39,99 , SAT = 10 , FELDS = 22,40 classent cette microsyénite dans la famille des syénodiorites. L'analyse chimique (tableau V - p.88) classe cette roche dans la famille des micromonzonites (bien que le paramètre q soit un peu faible), à la limite des microgranites monzonitiques .

T A B L E A U V

Analyse chimique de la microsyénite à pyroxène

Analyse effectuée par Mlle BEAUSEIGNEUR - Besançon 1966,
sur un échantillon prélevé au point x = 926,34 - y = 321,92

Analyse en poids d'oxydes		Nombre de cations pour cent	
SiO_2	55,65	Si	52,40
Al_2O_3	16,67	Al	18,46
Fe_2O_3	3,79	Fe+++	2,68
FeO	3,80	Fe++	2,98
MnO	-	Mn	-
MgO	3,88	Mg	5,48
CaO	5,44	Ca	5,50
Na_2O	2,48	Na	4,52
K_2O	4,55	K	5,47
P_2O_5	2,14	P	1,70
TiO_2	1,15	Ti	0,81
H_2O+	1,16		
H_2O-	0,98	Paramètre R	64,21

Paramètres C. I. P. W.	
p	II
q	4'
r	2'
s	3
An%	36

e) - Les trachyandésites à pyroxène :

L'étude microscopique et chimique de ce type de roche étant effectuée par A. ANDROZ et N. MORRE (1964) nous ne donnerons qu'une étude microscopique rapide d'échantillons prélevés au Mont Cornu : x = 926,17 - y = 321,00 , x = 925,80 - y = 320,80 et à l'Envers de la Grève.

Dans les deux échantillons du Mont Cornu, la structure est microgrenue porphyrique, le pourcentage des phénocristaux est de l'ordre de 50.

+ Les phénocristaux : sont constitués de plagioclase et de pyroxène.

- Le plagioclase automorphe se présente le plus souvent en lattes de 5 à 6 mm de long. Le centre est souvent séricitisé. La composition est celle de l'andésine An_{40}, 2 Vz = 84° dans le premier échantillon et de l'andésine An_{27} à An_{35} , 2 Vx = 70 à 80° , Z/\C = 14 à 19° dans le second. Une mince zone périphérique est parfois moins altérée ou limpide, sa réfringence inférieure à celle du quartz indique une composition $An < 25$. Ces plagioclases englobent parfois de fins cristaux de pyroxène.

- Les phénocristaux de pyroxène présentent de nombreuses macles en biseau et polysynthétiques suivant O.1.O. Leur taille n'excède pas 1,4 mm. Leurs bords sont fréquemment corrodés par la pâte et par les phénocristaux de plagioclase. Ils sont isolés ou parfois groupés en "nids" Ils englobent souvent de petites lattes de feldspath et contiennent quelques prismes d'apatite.

- D'un pointement à l'autre leurs caractèristiques optiques (cf. Pl. IV - A) sont semblables : Z/\C = 40° , 2 Vz = 51 et 52° , ng - np = 0,025 à 0,027 , et prochent de celles mesurées sur le même minéral par les auteurs précités : Z/\C = 40° , 2 Vz = 45° , ng - np = 0,026. Il s'agit d'une augite (Pl. IV - B).

+ La pâte : Elle est constituée de cristaux dont la taille moyenne est de 0,16 mm. Le plagioclase et le pyroxène sont accompagnés d'orthose (2 Vx = 64°) en petites lattes de 0,16 x 0,06 mm, assez pures, pigmentées de goethite, présentant souvent la macle de Carlsbad. La chlorite existe dans les plages d'altération des pyroxènes et en vacuoles où elle est alors associée à des grains d'épidote. Ceux-ci peuvent être également isolés dans la pâte. Les minerais sont représentés essentiellement par des cristaux d'ilménite se transformant en leucoxène. Tous ces minéraux sont reliés par du quartz interstitiel peut abondant, de dernière génération.

L'étude d'échantillons prélevés à l'Envers de la Grève prouve que la structure est microlitique porphyrique. Les phénocristaux de plagioclase sont plus altérés que précédemment, ceux de pyroxène sont groupés en "nids". La pâte sombre, semi-vitreuse renferme de nombreux et fins microlites (0,04 mm en moyenne) d'andésine An_{35} à An_{45}, d'orthose et quelques cristaux de magnétite.

Cette description se rapproche de celle donnée par les auteurs cités plus haut pour la roche affleurant au bord de la route D. 133.

Ces différents types de structure correspondent à des conditions variables de cristallisation d'un même magma à composition trachyandésitique.

f) - L'andésite :

Le faciès de cette roche tend à prendre un faciès d'accumulite, il est constant dans tous ses gisements. La structure est semi-vitreuse à microlitique porphyrique. Les phénocristaux de feldspath rose et la pâte noire dans laquelle ils "flottent" sont les deux constituants essentiels de la roche.

+ Les feldspaths : ils occupent de 30 à 40 % du volume total. Il s'agit le plus souvent de fragments de cristaux anguleux et plus ou moins importants : de 0,05 mm à 18 mm. Ils sont fissurés et cassés de façon désordonnée. L'extrémité des lattes présente les caractères typiques

de phénomènes de fauchage. La torsion des plans de leurs macles est fréquente.

Toutes ces observations témoignent d'actions dynamiques violentes subies par ces cristaux. Ils sont parfois automorphes. Leurs bords sont faiblement corrodés par la pâte. Les produits de leur altération, lorsque celle-ci est partielle et uniforme, sont de la séricite et accessoirement de la chlorite et de la calcite ; lorsqu'elle est totale : de la calcite de la chlorite, auxquelles sont venues s'adjoindre de la goethite, de l'apatite, des grains très fins d'épidote et de sphène.

Cette altération ne masque jamais les macles de l'albite et de Carlsbad. Certaines lattes sont associées en croix de Saint-André. Les caractèristiques optiques des feldspaths prouvent qu'il s'agit uniquement d'oligoclase An_{27} , $Z\wedge C = 13°$, $2\ Vz = 80°$.

La répartition des feldspaths suivant la taille de leurs débris est liée à la nature de la pâte. Cette observation nous conduit à émettre plusieurs hypothèses quant à la genèse de cette roche.

+ La répartition irrègulière des feldspaths :

Les débris et les cristaux automorphes de toutes tailles se rencontrent à la fois sous forme d'accumulations localisées dans la pâte, et relativement isolés les uns des autres (photo 1 - Pl. C). La pâte sombre est semi-vitreuse. Nous y observons cependant de très fins microlites (0,08 mm de longueur maximale) indéterminables au microscope, se détachant à peine sur le fond finement ponctué de sphène, de minerais (ilménite et goethite) et contenant quelques vacuoles de chlorite. Localement, l'orientation des microlites en "courants" au sein de la pâte ou parallèlement aux bords des cristaux confère à la structure un aspect fluidal.

L'anlyse modale donne les résultats suivants :

Feldspaths (cristaux et débris de toute taille)		36,25 %
Pâte		47,74 %
Calcite		2,02 %
Chlorite		12,32 %
Minerais	en gros amas	1,04 %
Goethite	en gros amas	0,42 %
Sphène	en gros amas	0,12 %
Apatite		0,09 %

La composition minéralogique de cette roche et sa structure sont celles d'une andésite.

En résumé, la description microscopique de cette roche reflète parfaitement son aspect macroscopique. La caractéristique structurale principale qui est la présence d'accumulations de débris nombreux de cristaux "emballés" dans une pâte, se retrouve dans les roches à faciès d'accumulite.

L'hypothèse pouvant expliquer la genèse est la suivante :

Les débris résultent de la fracturation par la lave en mouvement, devenue progressivement mais rapidement visqueuse, de porphyroblastes qui se sont largement développés au sein de la lave lors d'une phase initiale de refroidissement lent.

+ La répartition particulière des feldspaths :

Dans une même lame nous constatons parfois la présence d'une pâte telle que nous venons de la décrire et d'une autre beaucoup plus riche en verre, plus sombre et parsemée de vacuoles de chlorite (texture vacuolaire). Cette pâte contient des feldspaths en débris de petite taille.

Ce phénomène s'explique probablement par des variations de conditions de cristallisation, par exemple une accélération de la vitesse ascensionnelle

de la lave à laquelle seraient liées la finesse des débris et la richesse de la pâte en verre, indice d'un refroidissement plus rapide.

g) - La labradorite :

Nous étudions en premier lieu et avec détail les échantillons les plus typiques de cette roche prélevés au point : x = 925,50 - y = 317,92.

La structure est microlitique porphyrique (photo 2 - Pl. C).

Les phénocristaux sont uniquement représentés par un plagioclase et un pyroxène. Ils sont tous automorphes, leur corrosion par la pâte est faible ou inexistante. La disposition des lattes de plagioclase donne à la structure un aspect nettement fluidal.

Les plus grands (6,85 mm pour les feldspaths et 5,40 mm pour les pyroxènes) englobent parfois totalement ou partiellement les cristaux plus petits et moins nombreux de première génération (0,85 mm maximum pour les feldspaths, 0,70 mm pour les pyroxènes).

+ Les phénocristaux :

- Les feldspaths :

Selon les préparations, les grandes lattes de plagioclase sont pures ou altérées à différents degrés. Elles présentent fréquemment les macles de l'albite et de la péricline, parfois celle de Carlsbad. Les sections montrent souvent une nette zonation marquée par l'altération. Lorsque celle-ci n'est pas totale, elle n'affecte que le centre des cristaux ou simultanément le centre et une zone intermédiaire. L'altération étant proportionnelle à la basicité, les observations précédentes tendent à prouver que la structure des plagioclases est oscillatoire. La séricitisation peut être accompagnée ou complétement supplantée par une épigénisation en calcite, celle-ci induite par les clivages.

D'après l'angle moyen d'extinction : $Z/\backslash C = 32°$, la composition du plagioclase est celle de labrador An_{56}. Les mesures effectuées sur des cristaux zonés donnent les résultats suivants :

Zone externe	2 Vz = 74°	Composition An_{56}
Zone interne	2 Vz = 78°	Composition An_{63}
	2 Vz = 85°	Composition An_{67}

- Les pyroxènes :

D'après leurs caractèristiques optiques : $Z/\backslash C = 38°$ 2 Vz = 51°, ng - np = 0,026, (Pl. IV - A) il s'agit d'endiopside (Pl. IV - B) Leur pseudomorphose par la calcite, la chlorite, l'épidote et la goethite se développe à partir des bords des cristaux et de leurs clivages. Elle peut être totale, les fantômes sont soulignés par des "cordons" de goethite et contiennent parfois du quartz.

+ La pâte : Elle est essentiellement constituée de microlites de feldspath et de grains de pyroxène beaucoup moins nombreux. La taille moyenne des microlites est de 0,07 mm, leur angle d'extinction : $26° < Z/\backslash C < 31°$, correspond à une composition de labrador An_{50} à An_{55}. L'étude de poudre aux Rayons X décèle uniquement la présence de feldspath triclinique.

Dans les interstices ont cristallisé :

- De la calcite microgranulaire
- De la chlorite
- Des grains de sphène
- De la goethite et de nombreux cubes de magnétite
- De fines baguettes d'apatite.

L'anlyse modale donne la composition suivante :

Phénocristaux de labrador		30,90 %
Phénocristaux de pyroxène		7,05 %
Cristaux de première génération	labrador	19,90 %
	pyroxène	2,90 %
Pyroxène altéré		7,60 %
Chlorite		8,65 %
Séricite		6,35 %
Calcite		5,10 %
Magnétite		7,50 %
Goethite et sphène		0,85 %
Apatite		2,75 %
Biotite		0,25 %
Quartz		0,20 %

La composition minéralogique de cette roche est celle d'une labradorite, d'indice porphyrique = 37,95. Les indices modaux : COL = 42,65 ; SAT = 0,35 , FELDS = 0 classent cette roche mésocrate holoplagioclasique dans la famille des basaltes.

Les résultats de l'analyse chimique sont donnés dans le tableau IV - p.97 . Les paramètres classent également cette roche dans la famille des basaltes.

L'étude d'échantillons prélevés dans le pointement de coordonnées x = 925,91 - y = 318,57 montre que la composition du plagioclase zoné est sensiblement différente. L'angle d'extinction varie de 28 à 30°. Les zones centrales sont généralement pures et correspondent à une composition d'andésine An_{40} à An_{50} ; 2 Vz = 75 à 80°. Les zones externes sont presque toujours séricitisées donc plus basiques, ce qui donne au plagioclase une composition

globale proche de An_{50}, sa structure zonée marquant une tendance inverse.

Les microlites de la pâte sont fortement séricitisés. Ces observations prouveraient que jusqu'à sa cristallisation, le magma s'est enrichi en calcium.

Les caractéristiques optiques du pyroxène : $Z \wedge C = 38°$; $2\ Vz = 53°$, $ng - np = 0{,}026$ (Pl. IV - A) correspondent à une composition d'andiopside. (Pl. IV - B).

T A B L E A U VI

Analyse chimique de la labradorite.

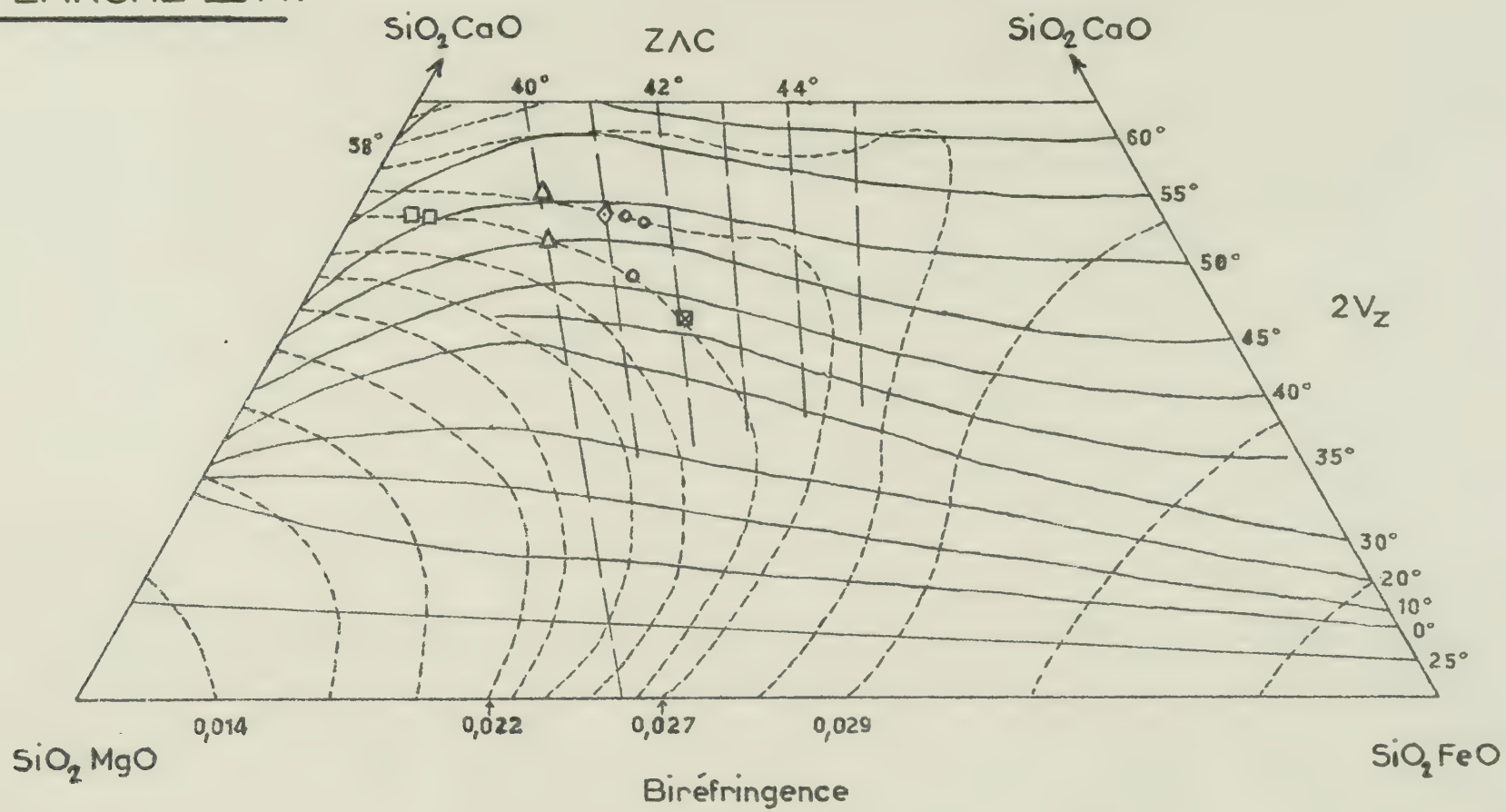
Effectuée par Mlle BEAUSEIGNEUR - Besançon 1966,
sur un échantillon prélevé au point : x = 925,50 - y = 317,92

Analyse en poids d'oxydes	
SiO	49,40
Al_2O_3	19,90
Fe_2O_3	4,47
FeO	4,34
MnO	-
MgO	4,85
CaO	7,59
Na_2O	2,26
K_2O	2,60
P_2O_5	0,29
TiO_2	0,95
H_2O+	3,35
H_2O-	0,39
CO_2	0,60

Nombre de cations pour cent	
Si	47,55
Al	22,59
Fe+++	3,23
Fe++	3,48
Mn	-
Mg	7,00
Ca	7,83
Na	4,21
K	3,19
P	0,24
Ti	0,68
Paramètre R	48,65

Paramètres C.I.P.W.	
p	II
q	(4)5
r	3¹
s	3¹
An%	55

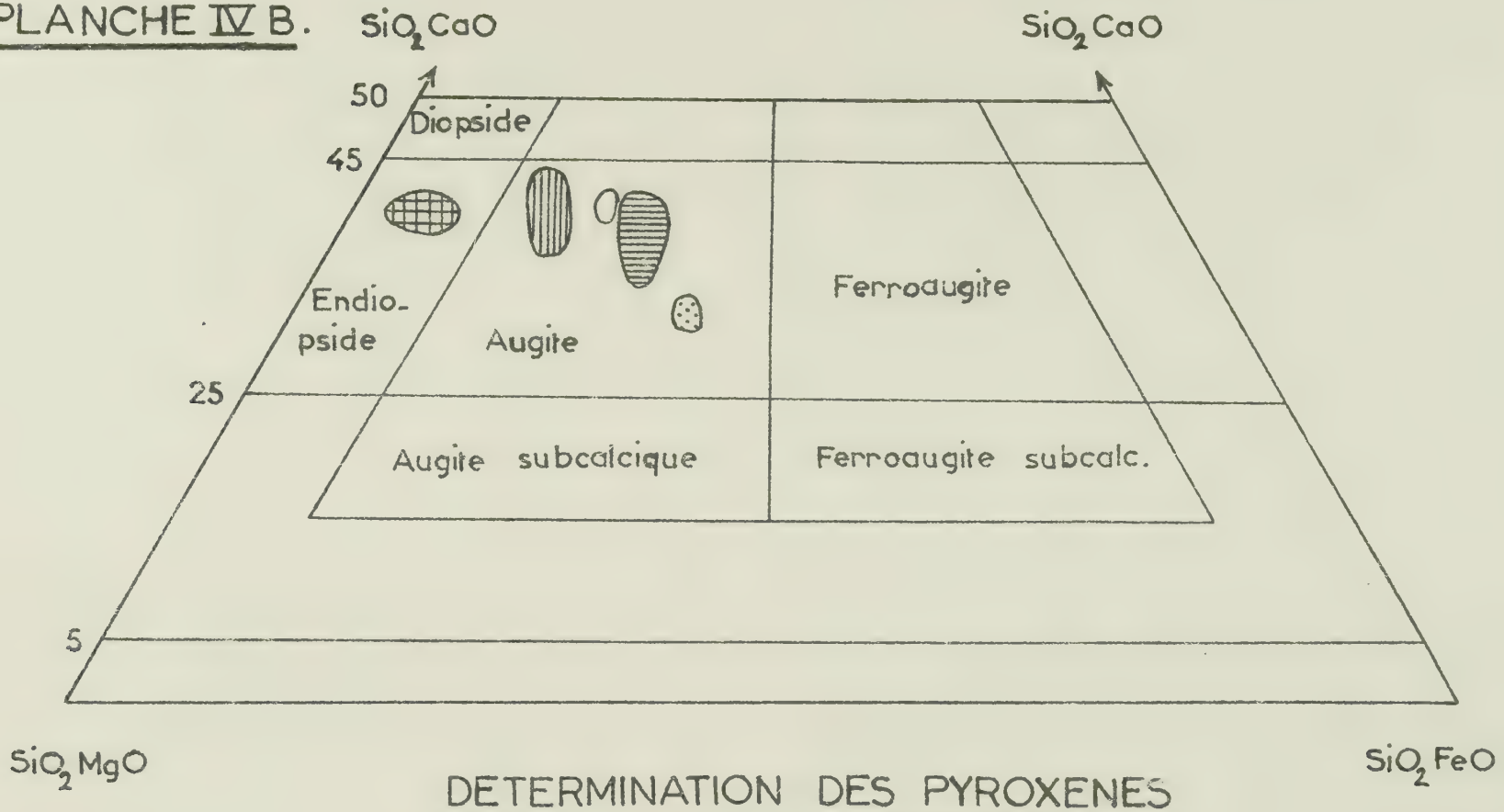
. PLANCHE IV A.



DETERMINATION DES PYROXENES

- ○ Pyroxènes des Andésites.
- ◇ Pyroxènes des Syénites albitiques.
- △ Pyroxènes des Trachyandésites.
- □ Pyroxènes des Labradorites.
- ⊠ Pyroxènes de la Microsyénite.

. PLANCHE IV B.



DETERMINATION DES PYROXENES

- Pyroxènes des Andésites.
- Pyroxènes des Syénites albitiques.
- Pyroxènes des Trachyandésites.
- Pyroxènes des Labradorites.
- Pyroxènes de la Microsyénite.

2°) Les roches filoniennes :

Dans l'étude des microgranites, nous donnerons les principales caractéristiques microscopiques des deux types les plus répandus : l'un présentant des phénocristaux de quartz abondants, l'autre n'en présentant qu'épisodiquement. Puis nous approfondirons l'étude du microgranite à amphibole.

Dans l'étude des lamprophyres, nous constaterons l'existence de différents types de structure : sphérolitique, fasciculée et finement grenue, selon que les feldspaths sont en fibres rayonnantes, en fines lattes groupées en faisceaux ou non.

LES MICROGRANITES

a) - les microgranites à phénocristaux de quartz :

Leur structure est microgrenue porphyrique. Les phénocristaux sont constitués de quartz, de plagioclase dont la composition varie selon les échantillons et d'un cristal à l'autre de l'albite An_5 à l'oligoclase An_{15}, d'orthose souvent légèrement perthitique et de biotite.

Les phénocristaux de quartz sont le plus souvent de type globulaire et parfois automorphes comme ceux contenus dans le microgranite du Pont du Raddon.

L'auréole de micropegmatite est présente dans un grand nombre de microgranite des Vosges, notamment dans ceux d'origine granophyrique et qui furent décrits à l'Est de Sainte-Marie-aux-Mines par R. KIPFEL (1959) et près de Passavant-la-Rochère par M.J. JACOULET, N. THEOBALD et J. THIEBAUT (1960). D'après A. MICHEL-LEVY et R. KIPFEL, les phénocristaux de quartz du

premier temps se seraient comportés comme des pôles d'attraction pour le matériel à cristallisation rapide lors du refroidissement du magma.

L'étude au fort grossissement révèle souvent qu'au lieu d'avoir une limite nette avec l'auréole, le phénocristal émet de nombreuses et fines ramifications dans la micropegmatite. Certaines paillettes fines de séricite pénétrent même dans le cristal. L'auréole de micropegmatite corrode donc le phénocristal. Les golfes de corrosion peuvent être très profonds. Certains cristaux contiennent en inclusion des petites lattes de feldspath.

Nous donnons l'analyse modale du microgranite du Pont du Raddon (x = 920,80 - y = 315,00) effectuée lors de la réalisation de notre diplôme (1964). L'indice porphyrique moyen est de 33,49.

Dans ce cas, l'orthose ($2Vx = 60°$) englobe parfois des lattes de plagioclase et des microcristaux de quartz.

Le plagioclase fréquemment corrodé par la pâte est de l'oligoclase An_{11}, $2Vz = 82°$.

La biotite est déférrifiée, chloritisée.

La pâte est une fine mosaïque de microcristaux de quartz et de feldspath.

	Phénocristaux % ramenés	Pâte % ramenés
Quartz	12,45	22,75
Oligoclase	12,51	26,99
Orthose	5,57	
Micas	2,95	9,76
Minerais	-	7,00

Les indices modaux : COL = 29,73 , SAT = 43,85 , donnent à cette roche la composition d'un microgranite calco-alcalin mésocrate orthosique.

Il est semblable à celui du filon de la Combe décrit par M. DENISE et J. THIEBAUT (1963) et dont nous reproduisons l'analyse chimique dans le tableau VII - p.105, n° 1. Cette analyse classe la roche dans la famille des microgranites alcalins orthosiques.

b) - Les microgranites pauvres en phénocristaux de quartz :

Les phénocristaux sont essentiellement constitués de plagioclase dont la composition varie d'un cristal à l'autre entre celle de l'albite An_6 et de l'oligoclase An_{15}, d'orthose légèrement perthitique et de biotite.

Les phénocristaux de quartz souvent auréolés sont rares : tout au plus un cristal ou deux dans quelques lames minces.

La fraicheur des lamelles de biotite est remarquable dans presque tous les filons.

Ce qui différencie nettement ce type de microgranite de l'autre type est la structure de la pâte. Elle est constituée de quartz et de feldspaths dont un très fort pourcentage d'orthose sous forme de petites lattes de taille moyenne égale à 0,05 mm macléesCarlsbad ou reconnaissables à leur extinction droite . L'association des deux minéraux est parfois micrographique : les lattes feldspathiques "baignent" dans un fond clair de quartz xénomorphe qui peut passer indistinctement à un fond trouble cryptocristallin. Mais le plus souvent ce fond est constitué de micropegmatite d'aspect fibreux ou arborescent, qui,au contact des phénocristaux,s'orientent perpendiculairement à leurs bords. Le groupement des fibres quartzo-feldspathiques peut prendre la forme de sphérolites de 0,25 mm de diamètre en moyenne (filon de l'Enclose) à 1 mm (petit filon à l'Est du Mont Gillot).

Dans tous les cas cette pâte est riche en prismes trapus et fines baguettes d'apatite, elle corrode assez fortement les cristaux dans lesquels

elle dessine une sorte de labyrinthe ou de damier.

Il semble bien qu'il existe une phase métasomatique tardive aboutissant à la cristallisation de phénocristaux d'orthose, en effet, la section perpendiculaire à l'axe d'allongement d'un prisme d'orthose montre : (Cf. Photo 3 - Pl. C).

. Une zonation parfaitement concentrique qui permet de déceler six périodes d'accroissement du cristal.

. Des lattes de plagioclase et des lamelles de biotite englobées par des zones successives et orientées parallèlement à leurs bords.

. Des inclusions représentatives de la pâte comprenant : des cristaux xénomorphes de quartz et des sphérolites, des associations micrographiques quartz-baguettes d'orthose.

Nous reproduisons l'analyse chimique d'un tel microgranite, étudiée par A.ANDROZ et N. MORRE (1964), dans le tableau VII - p.105 n° 2. La roche appartient à la famille des granites alcalins. Il s'agit donc d'un microgranite alcalin orthosique.

c) - Le microgranite à amphibole du Mont Cornu :

La structure est microgrenue porphyrique. L'indice porphyrique est de 24,44. (Cf. Photo 1 - Pl. D).

+ Les phénocristaux : ils sont constitués de quartz, de plagioclase, d'orthose, d'amphibole et d'anciennes biotites.

Toutes les remarques faites précédemment et concernant leurs relations avec la pâte sont également valables dans ce cas : les inclusions totales ou partielles des plagioclases par le feldspath alcalin, les in-

clusions de pâte microcristalline dans le quartz et les feldspaths.

Les cristaux de quartz sont presque tous entourés d'une auréole de micropegmatite de 0,15 mm d'épaisseur en moyenne. Ils contiennent parfois des baguettes d'amphibole, de la chlorite et de la biotite intacte.

Le feldspath alcalin est une orthose perthitique ($2Vx = 66°$). Elle se présente en porphyroblastes automorphes dont les dimensions atteignent 3 à 4 cm. Elle contient de fréquentes inclusions de cristaux de quartz, de petites lattes de plagioclase de 0,95 à 1,5 mm en moyenne, et de baguettes d'amphibole atteignant 1,8 mm.

Le plagioclase est de l'oligoclase An_{25}, $2Vz = 80°$, $Z/\backslash C = 8°$. Il est faiblement séricitisé. Il contient souvent en inclusion des lamelles de biotite chloritisée, des grains de zoïsite et d'épidote dont les caractères optiques : $2Vx = 80$ à $86°$, $ng - np = 0,029$ à $0,034$, sont celles des pistachites.

L'amphibole automorphe se présente en prismes de longueur et largeur maximales égales à 7 et 3 mm. Ils sont parfois maclés suivant 1.0.0. Les caractères optiques : $2Vx = 75°$, $ng - np = 0,017$, $Z/\backslash C = 17°$, pléïochroïsme ng : vert sombre, np = vert très pâle, sont ceux d'une hornblende. Elle s'altère parfois totalement en chlorite et en épidote sous forme d'amas fibreux ou de faisceaux de cristaux prismatiques. D'après l'analyse chimique de la roche (n° 3 - p. 105) la teneur en alumine de ce minéral est peu élevée et rapproche sa composition de celle de la série actinote-trémolite.

L'automorphisme des cristaux d'amphibole prouve qu'il s'agit d'un minéral de cristallisation primaire, donc fondamental dans la roche. Ce caractère minéralogique important différencie ce microgranite de celui décrit dans la région de St Bresson par Y. GUINTRAND (1963) et dans lequel l'actinote résulte de la transformation complète du pyroxène.

+ La pâte : Il s'agit d'une association de fins cristaux d'oligoclase, de lattes d'orthose (0,09 mm) maclées Carlsbad et de microcristaux de quartz "puzzle" (0,008 à 0,48 mm). Notons la présence de chlorite, d'apatite en prismes.

L'analyse modale donne les résultats suivants :

	Phénocristaux		Pâte	
	% réel	% ramenés	% réel	% ramenés
Quartz	7,69	3,69	35,10	54,05
Oligoclase	16,03	7,70	8,37	12,89
Orthose	17,22	8,27	2,94	4,53
Biotite	0,02	0,009		
Chlorite	5,10	2,48		
Amphibole	4,79	2,30		
Epidote			1,19	1,83
Minerais			0,95	1,46
Apatite			0,52	0,80

Les indices modaux : COL = 8,87 , SAT = 63,36 , FELDS= 38,33 classent cette roche dans la famille des granodiorites près de la limite des granites monzonitiques.

Il est intéressant de noter que la composition minéralogique de ce microgranite est proche de celles du granite "du Pont de la Pile" (au Nord de Servance) classé dans les granodiorites par J. GUERRILLOT(1964) et de granites classés dans les granites monzonitiques par Y. GUINTRAND (1963) et à la limite granodiorite-granite monzonitique par M.S. ZARAYAN (1959). Ce sont tous des granites porphyroïdes à amphibole dits"granite

des Ballons" . Leurs indices feldspathiques sont voisins de celui que nous calculons (38,33) et sont successivement : 37,6 , 43 , 38.

Signalons que l'analogie minéralogique de ce microgranite avec le granite des Ballons coïncide bien avec les arguments concernant la genèse des filons de microgranite qui s'intègrent dans l'essaimage filonien marquant la fin de l'activité magmatique après le Viséen supérieur mais avant le Westphalien, et décrit par Cl. FOURQUIN (1966) à propos d'études sur l'âge des différentes phases de mise en place du granite du Ballon d'Alsace.

Les résultats de l'analyse chimique du microgranite à amphibole sont donnés dans le tableau VII - p. 105 , n° 3. Cette roche est classée dans les granites alcalins, il s'agit d'un <u>microgranite alcalin orthosique</u>.

T A B L E A U VII

Analyses chimiques des microgranites.

Liste des analyses

1 - Microgranite de la ferme de la Combe. M. DENISE et J. THIEBAUT
Ann. Sc. Univers. Besançon. 1963. Analyse Mlle MOREAU - Besançon.

2 - Microgranite de la Grève. A. ANDROZ et N. MORRE.
Ann. Sc. Univers. Besançon. 1964. Analyse Mlle MOREAU - Besançon.

3 - Microgranite à amphibole du Mont Cornu. Analyse Mlle BEAUSEIGNEUR
Besançon - 1966.

Analyses en poids d'oxydes

	1	2	3
SiO_2	70,19	68,83	67,50
Al_2O_3	15,56	16,20	14,21
Fe_2O_3	1,27	0,30	1,96
FeO	1,03	2,10	1,89
MnO	0,04	-	-
MgO	1,65	1,89	2,52
CaO	0,39	2,15	1,94
Na_2O	3,34	3,60	2,72
K_2O	5,46	5,60	5,03
P_2O_5	0,12	0,60	1,29
TiO_2	0,25	0,54	0,54
H_2O+	1,32	1,47	1,08
H_2O-	1,10	0,23	0,28
CO_2	-	1,10	-

Paramètres C. I. P. W.

	1	2	3
p	I(II	I(II)	I(II)
q	4	4	4
r	1	1	1
s	3	3	3
An%	0	0,9	7,7

Nombre de cations pour cent

	1	2	3
Si	65,64	60,73	63,50
Al	17,13	18,15	15,73
Fe+++	0,90	0,23	1,38
Fe++	0,79	1,66	1,48
Mn	0,02	-	-
Mg	2,30	2,68	3,56
Ca	0,39	2,17	1,95
Na	6,06	6,62	4,95
K	6,51	6,79	6,04
P	0,06	0,57	1,03
Ti	0,16	0,40	0,38
Paramètre R	96,98	86,07	84,88

LES LAMPROPHYRES

Leur composition minéralogique correspond dans tous les cas à celle de minettes.

Rappelons que dans la partie occidentale du grand filon du lieu dit "sous le Bambois" (bois de Beutey), la structure de la roche est sphérolithique. D'après l'étude de M. DENISE et J. THIEBAUT (1963) le mica poecilitique à bords fumés est un phlogopite. Les feldspaths constituant les sphérolites et la pâte sont constitués à la fois d'albite et d'orthose. Inégalement répartis dans la roche il existe d'autres minéraux tels que la chlorite, la calcite et l'apatite, la teneur de celle-ci pouvant atteindre 6 %.

Les échantillons qui présentent la structure "fasciculée" la plus caractéristique sont prélevés dans le grand filon de la zone de la Folleterre. Mais l'observation de certains échantillons montre que cette structure n'est pas constante dans toute l'extension du filon. Elle passe localement à une structure finement grenue.

Nous étudierons ces deux types puis nous signalerons ceux rencontrés dans quelques autres filons de minette.

Etude microscopique des deux types de structure

a) - La minette à structure fasciculée :

L'orientation généralement parallèle aux épontes des grandes lamelles de mica donne à cette structure un caractère porphyrique et fluidal.

+ Les phénocristaux : Ils sont uniquement représentés par ces lamelles. La structure poecilitique et les bords fumés sont leurs

deux caractèristiques presque constantes. Les bords rarement nets subissent une corrosion de la pâte et sont fréquemment bordés de grains d'anatase et d'amas de goethite, également présents dans les clivages selon le degré d'altération de la biotite. La chloritisation d'intensité variable mais généralement faible débute par les bords et les clivages. Ces derniers sont souvent ployés par la cristallisation de lentilles intercalaires de calcite.

La biréfringence moyenne est de 0,035. L'angle d'axe est 2Vx = 4°. Il s'agit donc d'une biotite dont la composition proche de la ligne eastonite-phlogopite, comprend un plus fort pourcentage d'eastonite.

Certaines lamelles de biotite présentent une zonation inverse et parfois multiple. Le premier cas fut signalé par Y. GUINTRAND (1963) dans la minette à pyroxène de La Breuche. Ces observations se font aussi bien dans les sections parallèles à 0.0.1 que 0. 1. 0.

La zonation inverse :

Dans ce cas, nous distinguons le bord fumé mince, une zone beige pâle et la plage centrale brun sombre (Photo 2 - Pl. D). Parfois le bord fumé se décompose nettement en un liseré externe noir et une zone interne brun rouge. Des mesures de biréfringence sont faites sur ces zones successives :

1 - Zone brun rouge : Bi = 32

2 - Zone intermédiaire beige pâle ou brun jaune : Bi ≤ 31

3 - Plage centrale brun sombre : Bi = 35

La zonation multiple :

Dans ce cas très rare nous observons successivement de l'extérieur de la lamelle à son centre :

1 - Le bord fumé qui se décompose en un liseré noir et une zone brun jaune.

2 - Une première zone intermédiaire brun rose pâle.

3 - Une zone brun foncé.

4 - Une seconde zone intermédiaire brun rose clair.

5 - La plage centrale brune.

D. METAIS, J. RAVIER et PHAN KIEN DUONG (1962) effectuèrent une étude chimique des phlogopites zonés à la microsonde électronique de Castaing. Il en résulte que la partie centrale brun pâle ou incolore est plus riche en magnésium que la partie externe plus fortement colorée suivant ng, elle seule comporte du chrome. La couronne périphérique est plus riche en fer, titane et cerium, elle seule comporte du manganèse et du baryum. Dans le cas présent de zonation multiple l'existence de trois zones brun foncé coïnciderait avec celle de trois zones à forte teneur en fer.

+ La pâte : Elle est essentiellement constituée de lattes feldspathiques cimentées par du quartz et dont les contours ne sont pas toujours nets. Leur disposition particulière en "bouquets" donne à la structure un aspect fasciculé. Cet aspect est bien démontré lorsque le plan de la lame est parallèle à l'axe d'un faisceau. Lorsqu'il lui est perpendiculaire nous observons les sections quadrangulaires à l'extinction de lattes à cristallisation automorphe baignant dans le fond clair du quartz, l'ensemble dessinant un damier.

La section des feldspaths montre toujours une fine et dense pigmentation d'oxydes de fer et parfois la présence de lamelles microscopiques de chlorite.

L'étude microscopique ne nous permet de mettre en évidence que de l'orthose ($2Vx = 64°$). L'étude des feldspaths aux Rayons X décèle également la présence d'albite dont le pourcentage doit être faible, vu la faible teneur de la roche en Na_2O que révèle l'analyse chimique.

La pâte contient des lamelles de mica dont la taille varie de celle des phénocristaux à celles de fins microlites de 0,1 mm de long. Ces fines lamelles s'intègrant à la pâte sont typiques de la structure

lamprophyrique et traduisent le refroidissement progressif de la lave. Elles sont parfois zonées, s'altèrent souvent en chlorite ou sont pseudomorphosées en calcite et quartz. Leur orientation est parfois parallèle à celle des grandes lamelles.

Entre les faisceaux quartzo-feldspathiques ont également cristallisé de la calcite et de la chlorite en vacuoles, des cristaux de quartz interstitiel, des amas ou grains de sphène, goethite, anatase et épidote. En plus de quelques fines aiguilles de rutile de 0,03 mm de long, notons l'extrême abondance de la roche en apatite sous forme de gros prismes (0,58 mm de long et 0,24 mm de diamètre) et de fines baguettes.

Notons enfin la présence d'anciens pyroxènes totalement pseudomorphosés en calcite, mais dont les contours et parfois les clivages restent visibles et les macles orientent les cristaux de calcite. De l'épidote, plus souvent des oxydes de fer en "nids" ou amas diffus se logent à la périphérie de ces fantômes.

Ce type de structure est intermédiaire entre le type finement grenu et le type sphérolitique décrit par M. DENISE et J. THIEBAUT (1963)

b) - La minette à structure finement grenue :

Dans ce cas, les feldspaths rarement automorphes ne marquent aucune orientation particulière, ni une tendance à se regrouper. Leur section est constamment troublée par leur pigmentation.

Que ce soit dans ce type de structure ou dans l'autre, ils ne sont jamais maclés.

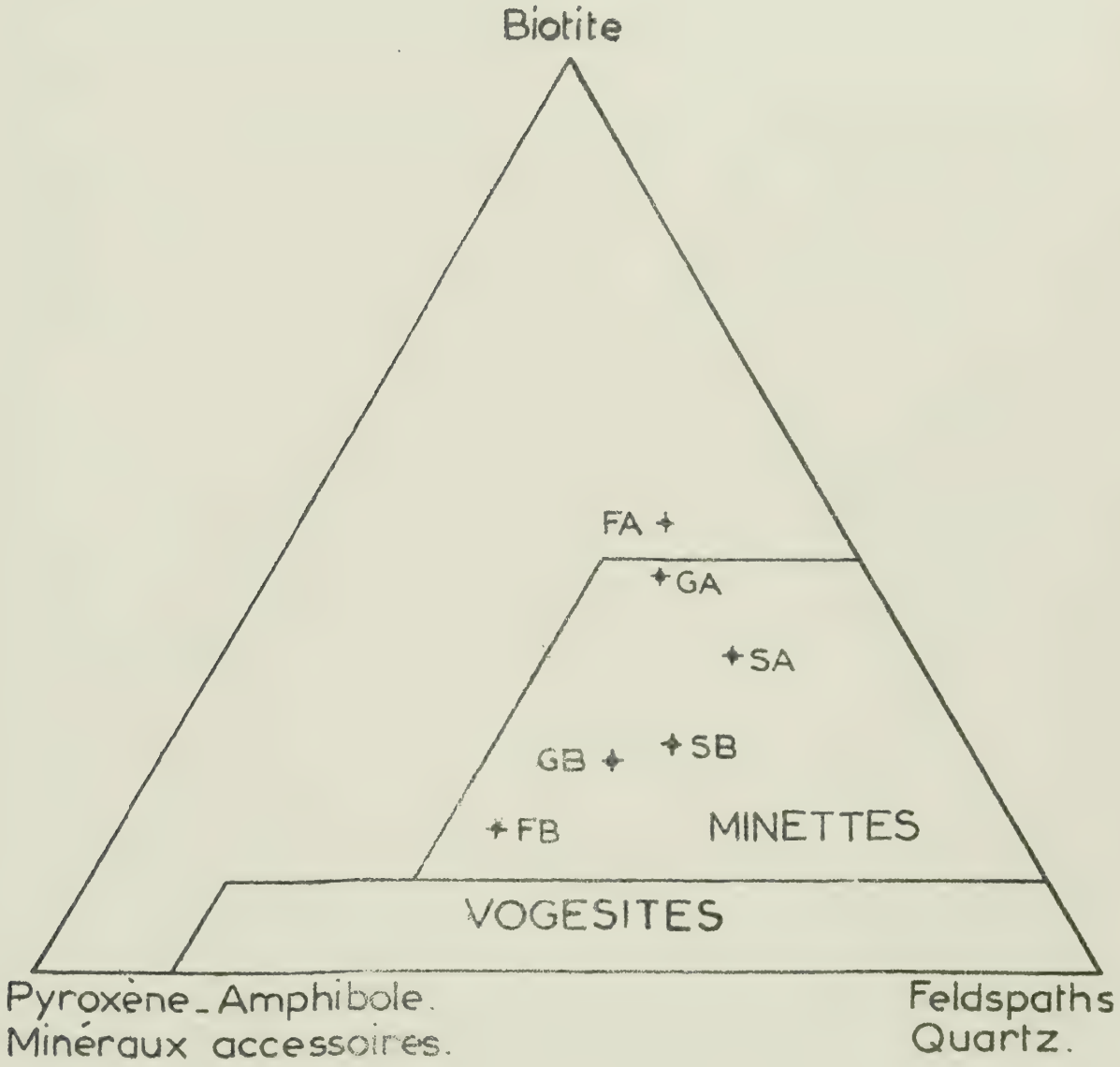
Analyse modale et chimique

Dans le tableau suivant nous comparons les analyses modales d'échantillons à structure finement grenue (n° 1), fasciculée (n° 2) et sphérolitique (n° 3,- M. DENISE et J. THIEBAUT - 1963).

	1	2	3
Biotite	29,75	22,25	24,68
Chlorite	13,25	32,69	9,20
Minerais	-	4,39	-
Apatite	6,08	7,91	8,28
Calcite	14,00	15,60	11,45
Feldspaths	29,08	33,69	39,63
Quartz	7,83	8,03	7,94
Indice COL	63,09	58,28	52,43

Dans le diagramme de B.M. KOUPLETSKI (1944) Pl. V, la composition minéralogique de chaque type de structure (S = sphérolitique, G = finement grenue, F = fasciculée) est représentée par deux points : A et B définis l'un et l'autre par les pourcentages du quartz et des feldspaths réunis, de la biotite, du pyroxène et des minéraux accessoires réunis. Le point A correspond à une composition dans laquelle la chlorite est considérée comme l'altération de la biotite. Dans le cas du point B, elle est considérée comme l'altération du pyroxène. Le point correspondant à la composition réelle de la roche est situé entre A et B. Pour chaque type de structure il se trouve dans la zone des minettes.

. PLANCHE V .



-- Diagramme de KOUPLETSKI -.

L'augmentation du pourcentage de chlorite du type sphérolitique au type fasciculé explique l'écartement progressif des points A et B.

L'analyse chimique de la minette à structure fasciculée est donnée dans le tableau VIII - p. 113 n° 1. Elle est comparable à celles de la minette sphérolitique (n° 2) et de la minette du col des Croix (n° 3). Ses paramètres C.I.P.W. la classent dans la famille des granites alcalins orthosiques près de la limite des syénites alcalines orthosiques.

Il est intéressant de souligner l'agencement particulier des lattes feldspathiques ainsi que la taille et l'abondance des prismes d'apatite qui est peut être la preuve de l'intervention précoce de phénomènes pneumatolytiques au cours de la cristallisation. Sans doute ceux-ci sont-ils en partie responsable de l'altération complète des pyroxènes. Ces seules observations ne nous permettent de faire aucune hypothèse sur les conditions de cristallisation de cette minette.

Etude rapide d'autres filons

Dans le filon au S.E. de Ternuay (le Chavany) la minette est de structure microgrenue porphyrique à tendance fasciculée. La biotite contient de rares cristaux de zircon et son altération poussée s'accompagne de l'apparition de baguettes de rutile.

Comme nous l'avons signalé la position du filon dans la vallée même de l'Ognon, zone d'intense fracturation, explique les indices de phénomènes dynamiques subis par la roche. Les feldspaths et les prismes d'apatite sont brisés, les micas tordus. Les vacuoles de calcédoine et les filonnets de quartz sont abondants.

- Dans le filon occidental du Mont Jean, la structure de la roche est sphérolitique. La biréfringence de la biotite est de 35.

- Dans le filon oriental la structure est finement grenue. La biréfringence de la biotite est de 45, il s'agit d'un lépidomélane.

T A B L E A U VIII

Analyses chimiques des lamprophyres.

Liste des analyses :

1 - Minette de la Folleterre - Analyse Mlle BEAUSEIGNEUR - Besançon - 1966.

2 - Minette du Bois de Beutey. M. DENISE et J. THIEBAUT. Ann. Sc. Univers. Besançon. 1963. Analyse Mlle MOREAU - Besançon.

3 - Minette du col des Croix (Vosges). D. METAIS, J. RAVIER et PHAN-KIEN DUONG. Bull. Soc. Fr. Minér. Crist. 1962. LXXXV - p. 322.

Analyses en poids d'oxydes

	1	2	3
SiO_2	53,18	55,65	57,30
Al_2O_3	10,35	13,27	13,53
Fe_2O_3	2,13	3,00	2,56
FeO	3,71	3,42	2,22
MnO	-	0,08	0,14
MgO	5,45	5,97	7,00
CaO	5,45	3,90	4,33
Na_2O	0,52	2,09	1,80
K_2O	8,10	5,25	6,40
P_2O_5	3,26	0,93	0,97
TiO_2	1,78	1,14	1,47
H_2O+	4,09	3,41	1,91
H_2O-	0,12	0,30	0,90
CO_2	1,35	1,90	0,42

Paramètres C. I. P. W.

	1	2
p	II'	II'
q	4'	4'
r	5	1'
s	1'	(2)3

Nombre de cations pour cent

	1	2	3
Si	53,45	54,59	53,9
Al	12,24	15,31	14,9
Fe+++	1,62	2,18	1,8
Fe++	3,10	2,83	1,6
Mn	-	0,06	-
Mg	8,22	8,77	9,8
Ca	5,86	4,12	4,3
Na	1,01	3,95	3,2
K	10,40	6,60	7,6
P	2,76	0,76	0,7
Ti	1,34	0,82	1,0
Paramètre R	65,97	71,91	71

E - LES ROCHES SEDIMENTAIRES DISCORDANTES

Dans ce paragraphe nous développons surtput l'étude pétrographique des dépôts carbonifères puisque nous en avons relevés des coupes continues dont l'une de 19 m d'épaisseur, que nous pouvons dater par la flore que renferment leurs couches.

L'étude rapide du Trias et des dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires est justifiée par l'analogie de leurs faciès dans la région considérée avec ceux amplement décrits par bon nombre d'auteurs dans la région même et dans les régions voisines.

1°) - Les dépôts carbonifères :

Etudions successivement la coupe naturelle du ruisseau de Mourière (Pl. VI - A), puis celle de la Tançon (Pl. VI - B). Le passage très rapide ou même brutal d'un type de faciès à un autre nous permet dans chaque cas de fixer des limites précises et de distinguer une succession de sous-étages que nous numérotons depuis la base, c'est-à-dire le substratum viséen. Nous ne donnons qu'une description macroscopique des échantillons représentatifs de chaque type de faciès.

a) - La coupe du ruisseau de Mourière :

La coupe débute par un faciès gréseux, se poursuit par des dépôts plus fins pélitico-gréseux et se termine uniquement gréseux assez épais. A l'intérieur même de la série des dépôts fins, les intercalations gréseuses et conglomératiques indiquent soit des variations climatiques, soit des mouvements du sol intéressant le bassin limnique ou ses abords.

Description des sous-étages successifs :

1 - (épaisseur : 3,50 m). Reposant directement sur les pélites d'âge viséen inférieur dont la surface (D ou discordance) est inclinée d'environ 25° Sud : pélites schisteuses et grèseuses claires, admettant quelques passées fines, rouges, avec quelques débris de roche de 3 mm et des prismes bipyramidés de quartz d'ordre millimétrique.

A mi-hauteur, les schistes pélitiques deviennent plus fins, se chargent en matière charbonneuse. Quelques empreintes de tiges cannelées de Cordaïtes sont visibles. Présence vers le sommet d'un banc de grès fin à décomposition en boules.

2 - (épaisseur : 30 cm). Banc de grès grossier, gris-rouille, friable. La taille maximale du grain est de 5 mm.

3 - (épaisseur : 50 cm). Conglomérat. Les galets dont la dimension maximum est de 4 cm sont assez anguleux. Ils sont essentiellement constitués de rhyolite et de pélite provenant du substratum viséen.

4 - (épaisseur : 4 m). Pélites schisteuses fines, noires, à tendance localement gréseuse, admettant des passées franchement gréseuses gris-rouille. Dans la flore fossile que nous y récoltons, nous avons déterminé :

Pecopteris polymorpha Brongn. (Cf. Photo 3 - Pl. A)

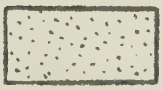
Ouvrage de référence : CORSIN P. 1941. Etude des gîtes minéraux de la France. Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine - I Flore Fossile - 4ème fasc. 370 p. Pécopteridés - Pl. CVIII à CXCIX - p. 316 Pl. CLXVIII (fig. 1 à 5) et CLXIX (fig. 1 à 4).

.FIGURES DE LA PLANCHE VI A & B.

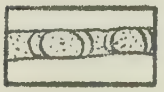
Conglomérat . Le diamètre des galets varie de 1,5 à 20 cm..—

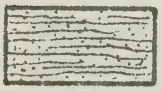
Grès avec quelques galets de faibles dimensions..—

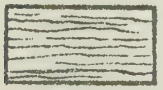
Grès grossier . Le diamètre des éléments varie surtout de 2 à 7 mm. et atteint parfois 1,3 cm..—

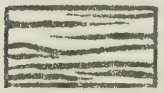

Grès fin . Le diamètre des éléments est inférieur à 1 mm..—

Bancs de grès fin à fissures verticales..—


Banc de grès fin à décomposition en boules..—

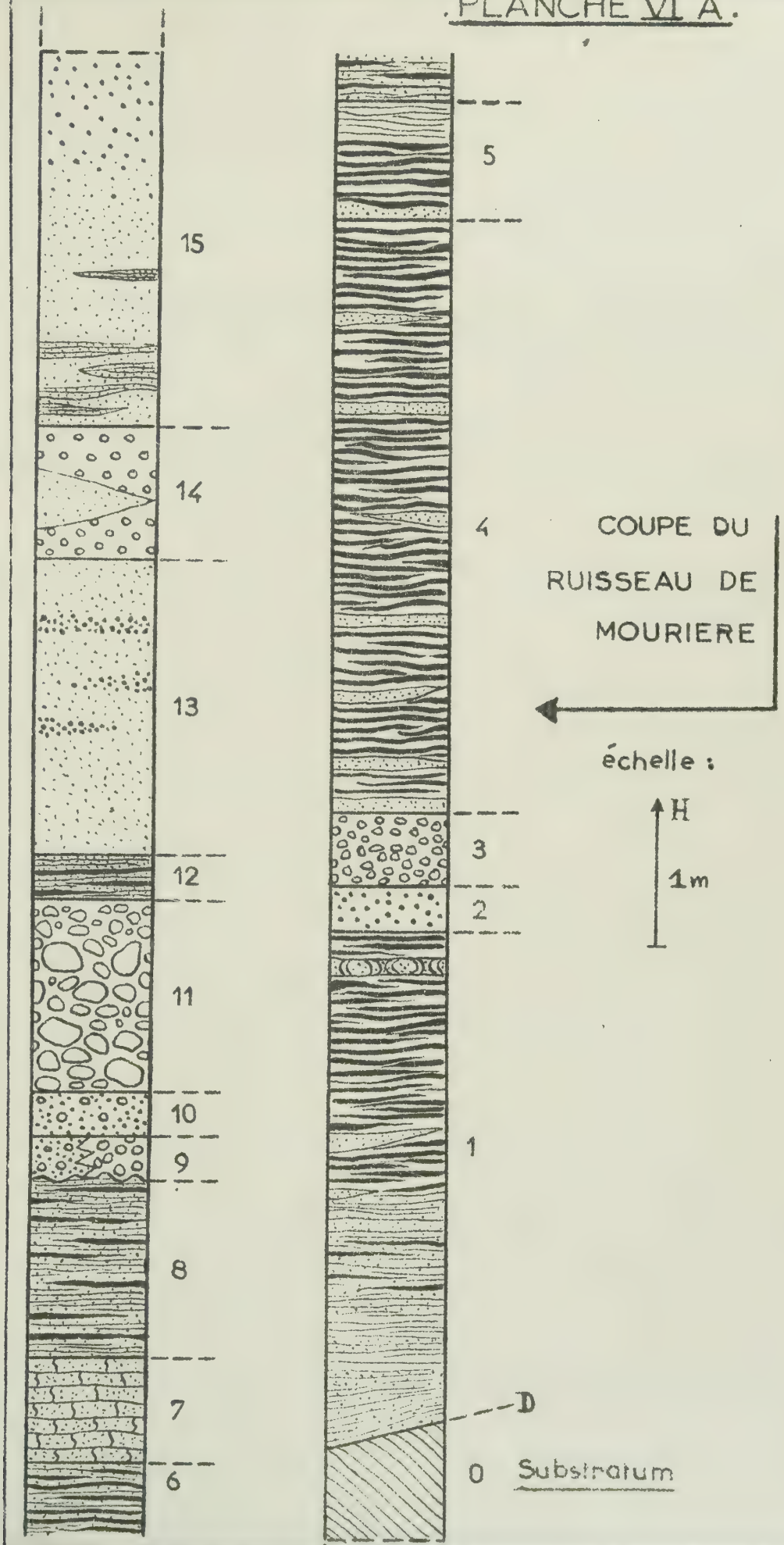

Pélite schisteuse et grèseuse .


Pélite schisteuse fine (argilo-micacée), de teinte gris-clair..—


Pélite schisteuse fine de teinte noire, riche en débris végétaux..—

Pélite schisteuse grise, verdâtre ou violacée du Viséen..—

PLANCHE VI A.


15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
D
0 Substratum
COUPE DU RUISSEAU DE MOURIERE
échelle :
H
1m

Pecopteris cyathea Schloth.

Ouvrage de référence : le même que précédemment. p. 330 - Pl. CLXXIV - CLXXV - CLXXVI.

Mixoneura neuropteroïdes Goeppert.

Ouvrage de référence : JONGMANS W.J. , HEERLEN - 1960. Die Karbonflora der Schweiz. 97 p. 58 Pl. - p. 61, Pl. 24.

Tous ces fossiles sont d'âge stéphanien.

5 - (épaisseur : 80 cm). Banc gréseux gris-rouille à grain fin (0,5 à 2 mm) puis schistes noirs devenant clairs au sommet.

6 - (épaisseur : 80 cm). Pélite schisteuse, grèseuse à grain fin ($\leqslant$ 0,5 mm) avec passées charbonneuses et empreintes de végétaux. Nous déterminons les fossiles suivants :

Cordaïtes lingulatus G.E.

Ouvrage de référence : JONGMANS W.J. , HEERLEN - 1960. p. 86 - fig. 285 à 287 - Pl. 58.

Annularia stellata Schloth.

Ouvrage de référence : le même que précédemment. p. 28 - fig. 10 à 13 Pl. 2.

Ces fossiles sont également d'âge stéphanien.

7 - (épaisseur : 70 cm). Bancs de grès fin gris-sombre de 10 cm d'épaisseur et tendant à se fissurer verticalement. Les fissures sont remplies d'oxydes de fer brun-rouille.

8 - (épaisseur : 1,20 m). Pélite schisteuse et grèseuse grise dont le grain

est inférieur à 0,5 mm, avec intercalations de lits minces (inférieurs à 0,5 cm), noirs, à débris charbonneux : surtout des tiges (Cordaïtes). Le toit de cette couche est limité par une surface émersion très bosselée.

9 - (épaisseur : 30 cm). Banc gréseux avec passages latéraux à un conglomérat dont la taille des éléments n'excède pas 3 cm.

10 - (épaisseur : 30 cm). Banc de grès brun-violacé contenant de rares galets dont le diamètre ne dépasse pas 4 cm.

11 - (épaisseur ; 1,30 m). Conglomérat à galets mal roulés, parfois ébréchés et de taille très variable: les plus gros atteignent 15 à 20 cm de diamètre. Ils sont polygéniques comme le montre leur nature :

- Rhyolite à pâte sombre et feldspaths roses, comme il en affleure à l'Est et au S.E. de Servance.
- Rhyolite à pâte rouge brique (constituant la majeure partie de la deuxième unité structurale).

La nature de galets prélevés dans ce niveau au point : x = 920,52 - y = 310,82, est plus variée :

- Quartzite - Tufs volcaniques - Rhyolite - Granite à amphibole - Trachyandésite de teinte violette - Andésite (faciès tendant vers celui d'une accumulite).

12 - (épaisseur : 30 cm). Pélite schisteuse, gréseuse, brune à intercalations fines, charbonneuses et à empreintes végétales.

13 - (épaisseur : 2 m). Grès beige clair assez fin (grain inférieur à 1 mm), avec quelques passées plus grossières (grain de 1 cm) et nodules charbonneux de 2 mm.

14 - (épaisseur : 90 cm). Conglomérat à galets assez anguleux, de taille moyenne égale à 3,5 cm, en majeure partie constitués de rhyolite. Le ciment abondant de teinte beige rouille est assez grossier (grain atteignant 7 mm), friable et constitué de débris de cristaux de quartz, feldspaths blancs et roses, de cristaux noirs et verts.

Ce conglomérat admet quelques passées uniquement gréseuses de 40 cm d'épaisseur maximale.

15 - (épaisseur : 2,50 m). Grès brun-à beige ou beige rouille dont le grain varie de 0,5 ou 1 mm à 1,3 cm de la base au sommet. Il admet quelques passées plus fines et des intercalations pélitiques schisteuses avec empreintes charbonneuses surtout à la base. Aux minéraux cités ci-dessus notons en plus des paillettes de micas noirs et verts bien visibles. Le ciment argileux est teinté par des oxydes ferriques.

L'argile rouge violacée à tendance gréseuse et à texture litée (pendage 20° Sud) observable au point : x = 920,21 - y = 318,83, correspond aux argilolites rouges du Stéphanien moyen et signalées par G. MATHIEU (1950) en tant qu'équivalentes du faciès rouge d'Ottweiler.

Age de la série :

Les fossiles que nous signalons ne représentent qu'une fraction de ceux découverts à cet endroit et dans des puits voisins par G. MATHIEU (1947 et 1950). Cet auteur constate que la flore de Mourière a bien des affinités avec le niveau de Rive-de-Gier, ce qui confère à cette série un âge stéphanien inférieur.

La corrélation concernant les dépôts et leurs lieux d'origine est facile à établir par la nature des galets des conglomérats et leurs formes qui témoignent d'un court transport.

Ces galets représentent la majorité des roches éruptives affleurant au Nord du bassin, par exemple à 11 Km en moyenne pour les rhyolites, les trachyandésites.

b) - La coupe de la Tançon :

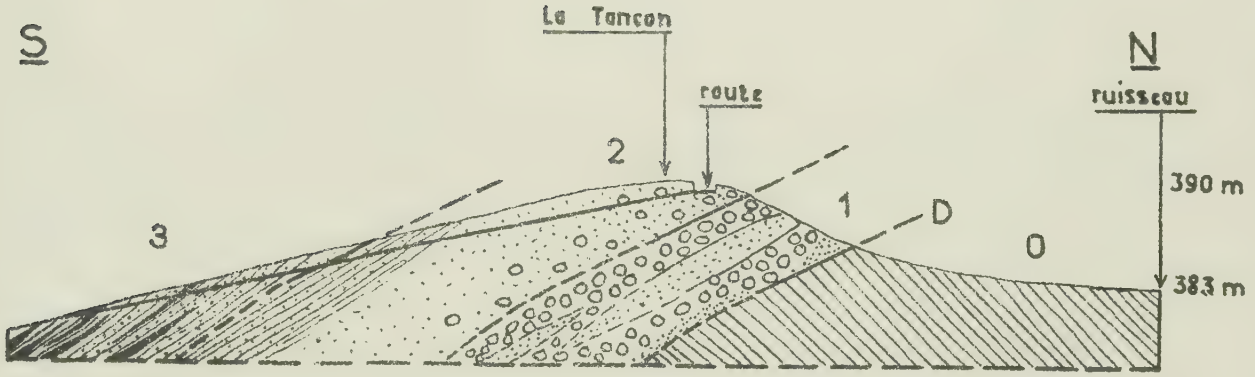
Ce qui la diffère de la précédente est la présence à la base de la série d'un conglomérat reposant en discordance sur les pélites viséennes. La surface d'émersion est par ailleurs visible (cf. p. 17).

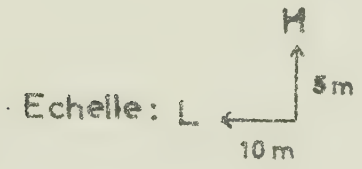
Le conglomérat (1) est formé de galets verts très mal roulés, atteingnant 8 ou 9 cm de diamètre, constitués de pélite et d'andésites, englobés par un ciment abondant, finement gréseux, gris jaunâtre clair. D'après G. MATHIEU (1947), ce conglomérat à galets verts serait le terrain dit "de transition" d'âge namurien.

Il nous a cependant pas été possible de dater ce conglomérat par manque d'arguments paléontologiques. Les grès supérieurs (2) se décomposent en arène à l'affleurement, passent insensiblement à des pélites schisteuses, grèseuses, puis fines et charbonneuses avec empreintes de végétaux (3), semblables à celles de la base de la série de Mourière.

. PLANCHE VI B .

. COUPE DE LA TANCON .





2°) - Le Trias :

Ces dépôts gréseux reposent sur la surface de pénéplanation post-hercynienne légèrement inclinée du N.E. vers le S.W. comme le montre la coupe géologique (Pl. III).

Alors qu'aucune faille ne l'affecte sur toute la distance suivante, la base du Trias est à une altitude de :

- 655 m à la ferme de la "Dame Louise" (au N.W. de Fresse).
- 630 m au Nord de l'ancienne Abbaye (flanc septentrional du Mont de Vannes).
- 585 m au Sud de la Croix Maire Louis (flanc méridional du Mont de Vannes).

Les distinctions faites dans cette série et l'âge que nous leur assignons se réfèrent aux résultats des travaux les plus important effectués dans la région même ou les régions voisines (Ch. CARDOT - 1911, N. THEOBALD - 1951, N. THEOBALD , C. BERNARD , J. DUGUET et J.M. GOUDOT - 1963).

a) - La base de la série est un conglomérat dont l'épaisseur augmente légèrement avec l'inclinaison décrite ci-dessus : il mesure 1 m à 1,50 m à la ferme de la "Dame Louise", environ 2 m à la Fontaine Ste Barbe et 2,50 m à 3 m environ au lieu dit "les Roches" (rebord septentrional puis méridional du plateau du Mt. de Vannes). Il détermine dans la topographie des petites falaises annoncées le long des pentes sous-jacentes par des dalles volumineuses.

Il est essentiellement constitué de galets bien roulés de quartz et de quartzite blanche ou rose, de 2 à 12 cm de diamètre, cimentés par un grès quartzeux grossier blanc ou rose. Ce dernier contient parfois des lamelles de mica blanc.

De la base au sommet de cet étage, notons quelques variations continues et dans l'ensemble constantes du faciès telles que l'augmentation

du pourcentage du grès, la diminution de taille des galets. A l'intérieur même du conglomérat il existe des récurrences lenticulaires et peu épaisses uniquement gréseuses. Les deux types de faciès présentent souvent des stratifications entrecroisées.

Ce conglomérat est l'équivalent du poudingue de Ste Odile ou conglomérat principal du Buntsandstein.

Nous n'avons pu observer la "zone violette" qui marque la limite entre le poudingue et les grès intermédiaires qui le surmontent. Mais l'observation de blocs de dolomie fréquente dans cette zone rend très probable son existence dans la région.

b) - Les grès intermédiaires sont particulièrement bien représentés au Mt. de Vannes où ils furent exploités comme pierre à bâtir. Ils ont une épaisseur de 25 à 30 m.

Au dessus d'un grès grossier contenant encore quelques galets à la base, le grain s'affine rapidement, s'enrichit en mica et le faciès ne varie plus sur toute l'épaisseur. La teinte de ces grès est rouge plus ou moins violacé et s'éclaircit pour devenir jaunâtre vers le sommet.

Ainsi que Y. GUINTRAND (1963) le signale dans les grès de la région de Lahoz-du-Pin, nous constatons localement le remplissage de vides par de la barytine en lamelles tabulaires blanc rosâtre (flanc occidental du Mt. de Vannes, point : x = 920,11 - y = 314,05).

A 240 m au N.W. du Mavoy, au point x = 922,67 - y = 313,69 nous observons un type de minéralisation inhabituel dans le grès brun-rosâtre : le grès est parcouru de fissures parfois anastomosées, subverticales pour la plupart et les plus larges (3 mm) et subhorizontales donc parallèles au plan de stratification, pour les autres. Elles sont remplies d'oligiste s'altérant localement en goethite et hématite. A partir de ces fissures, l'oligiste imprègne le grès en direction du centre des mailles qu'elles délimitent. Il résulte de cette imprégnation un grès

fin à ciment d'oligiste. Les grains anguleux sont essentiellement constitués de quartz à extinction souvent onduleuse.

Cette description exclut toute hypothèse d'un gisement de substitution. L'origine de ce minerai dans le grès peut s'expliquer par la venue de minéralisations pneumatolytiques par l'intermédiaire de failles profondes du substratum mais affectant également le Trias. Une telle faille pourrait être celle qui existe à environ 180 m à l'Ouest de cette zone. Les fumerolles minéralisatrices auraient diffusé à partir de cette faille ou de fractures annexes que nous n'avons pu déceler, dans le système de fissures des grès inférieurs du Trias.

c) - Nous n'avons pu observer le passage des grès intermédiaires aux grès à Voltzia.

Ceux-ci ne sont visibles que dans trois anciennes carrières alignées entre "les Plaines Fouillies" au Nord et les "Granges Guenin" au Sud et qui n'offrent que des coupes de 3 à 5 m. Il s'agit de grès fin micacé à litage régulier, de teinte rouge ou beige, qui se présente en bancs de différentes épaisseurs (jusqu'à 1,50 m) se débitant facilement en dalles. Les inter-bancs sont fréquemment argileux ou argilo-grèseux.

Conclusion

Au Mont de Vannes, le Trias n'est représenté que par ses assises inférieures de faciès continental. La barytine et l'oligiste qu'il renferme localement prouvent que certaines minéralisations ont pu l'atteindre par l'intermédiaire des failles qui l'affectent.

3°) - Les dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires :

Sur toute l'étendue de ce terrain, nous avons relevé de nombreux indices confirmant l'existence d'une succession de deux systèmes

glaciaires différents sur la région, et déjà signalée par N. THEOBALD (1955), N. THEOBALD, C. BERNARD, J. DUGUET et J.M. GOUDOT (1963) et Y. GUINTRAND (1963).

a) - Les blocs erratiques :

Ils sont généralement assez usés, de forme subsphérique ou ellipsoïdale aplatie. Leurs dimensions très variables peuvent atteindre 2 à 3 m. Ils sont répartis sur toute la surface étudiée, de façon désordonnée. Leur nature est variable et témoigne pour certains d'un transport relativement court, il s'agit d'andésite, de rhyolite, de microgranite. L'éloignement d'autres blocs par rapport à leur lieu d'origine souligne leur caractère exotique : il s'agit de porphyre de Belfahy, de granite des Ballons assez fréquent, de granite clair des Crêtes.

La présence de ces blocs témoigne de la puissance et de l'étendue d'un premier système de glaciation du type calotte glaciaire correspondant à la période la plus froide du Quaternaire : le Riss. Ce système fut sans doute responsable du décapement le plus important de la couverture sédimentaire.

b) - Les traces du modelé glaciaire et les vestiges d'anciennes moraines.

+ Les traces du modelé glaciaire :

Le profil en long de la vallée de l'Ognon présente deux verrous glaciaires constitués de rhyolites à surface moutonnée et entaillés verticalement par la rivière : "le Saut de l'Ognon" et "les Etroitures de Ternuay". Chacun de ces verrous est précédé d'un bassin de surcreusement actuellement comblé par des dépôts fluvio-glaciaires et fluviatils : le premier est à l'emplacement de Servance, le second du lieu dit "les Champs Fourguenous".

Avant de se jeter dans l'Ognon, la Doue de l'Eau franchit également un verrou au S.E. de l'Enclose.

Les roches moutonnées jalonnant les vallées ne manquent pas, citons les andésites de la "Combe" dans la vallée du Raddon, les rhyolites à l'Est des Moussières dans la vallée de l'Ognon.

Les vallées de l'Ognon et du Raddon ont sur presque toute leur longueur un profil transversal en U.

+ Les vestiges d'anciennes moraines :

- Le ravin du "Pré Jacques" au Sud de la Grève est partiellement encombré d'argiles sablonneuses contenant de nombreux blocs de taille et nature variables. Il pourrait s'agir d'une ancienne moraine de fond.

- De tels dépôts existent également dans le bassin d'alimentation du ruisseau Jeannot, lequel atteint la vallée de l'Ognon après le passage d'un "défilé" à la Naulatte. Il est possible que ce verrou rocheux ait retenu un glacier et que le bassin amont représente un ancien cirque glaciaire dont il possède d'ailleurs les caractères topographiques.

- Sur la Montagne de Fresse, les dépôts glaciaires signalés par la feuille de Lure comme "moraine de fond", comprennent un fort pourcentage de matériel argileux et permettent le maintient des étangs de la "Dame Louise"

- Au Magny-de-Fresse, la vallée du Raddon est barrée par une moraine frontale bien visible depuis la route N.486 à Belonchamp. Cette moraine légèrement arquée s'appuie sur deux coulées andésitiques : au Sud celle du Chatelet, au Nord celle du Bois de Beaubanc. Les dépôts qui la constituent sont observables dans une ancienne sablière située au point : x = 921,95 - y = 315,62. Il s'agit de blocs grossiers d'andésite, de pélite dominantes, de poudingue triasique, noyés dans des argiles sablonneuses fines de teinte brun-rougeâtre.

Cette moraine est signalée sur la feuille de Lure, ainsi qu'en amont le cône de transition fluvio-glaciaire. Celui-ci est constitué de dépôts fins de comblement sur lesquels est établi le village de Fresse.

De tels dépôts comblent également la vallée à fond plat et marécageux au Nord des Potets.

- Au Freutau, à l'Ouest des Bas, il existe une moraine externe également signalée sur la feuille de Lure. Elle contient de nombreux blocs.

- Sur la rive droit du Raddon, à environ 150 m en aval du pont des Feux du Cours, une tranchée montre des dépôts fluvio-glaciaires constitués d'une alternance de lits sableux à granulométrie fine et d'argile rouge, de pendage N.W. et contenant quelques blocs mal roulés.

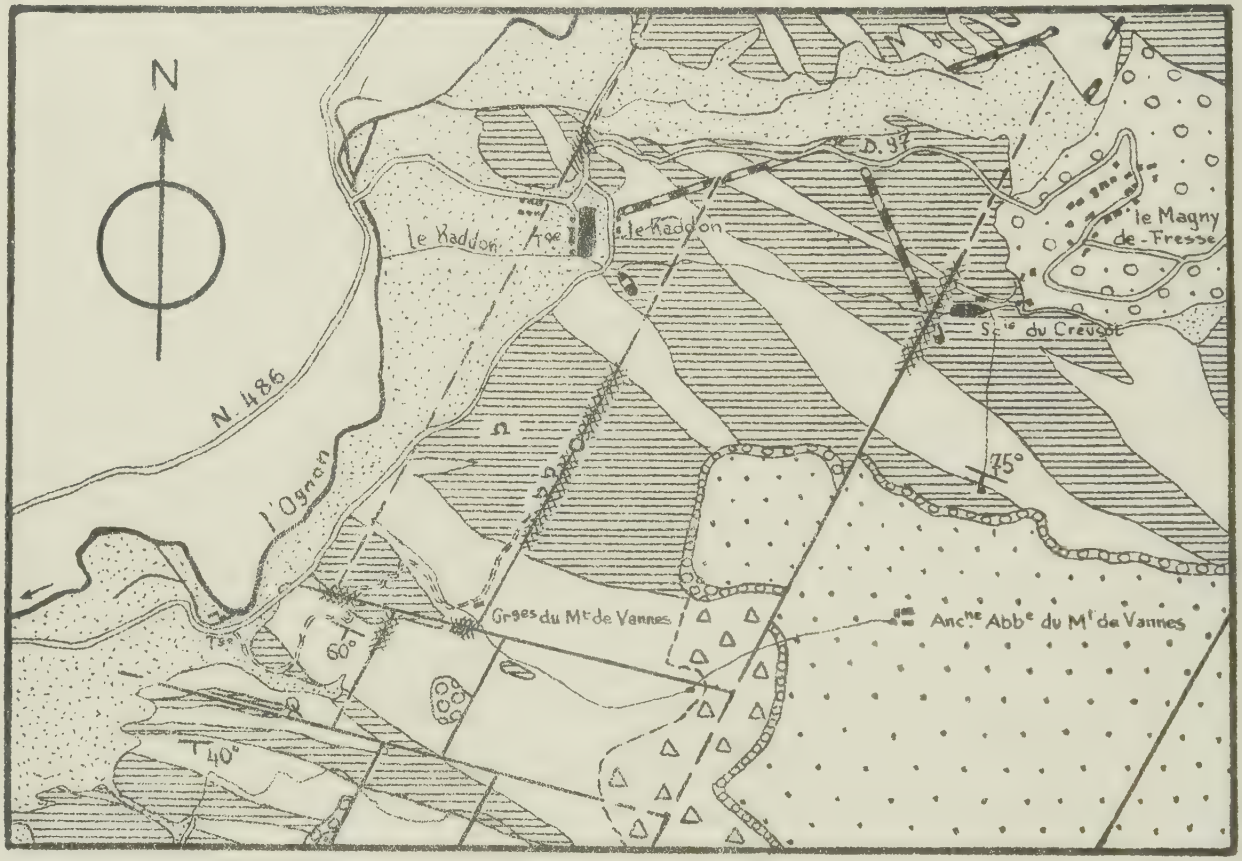
- Entre St Barthélemy et Malbouhans, le pied du flanc occidental du Mont de Vannes est bordé par des dépôts morainiques de vaste extension. Ils représentent l'extrèmité d'une "immense moraine qui barre la vallée de l'Ognon en aval de Melisey" (M.A. DELEBECQUE - 1901) et décrite par L. MEYER (1913) comme "le bourrelet de Montessaux - les Granges du Berthez, à matériaux franchement morainiques".

Parmi les blocs qu'ils renferment, notons la présence de poudingue triasique, d'andésite et de granites.

A Malbouhans ces dépôts se raccordent avec les dépôts fluvio-glaciaires et fluviatils.

Ces traces du modelé glaciaire et ces vestiges morainiques mettent en évidence le système des vallées constitué de langues glaciaires issues du glacier de la Moselle (M.A. DELEBECQUE - 1901) et qui date de la dernière glaciation d'âge Würmien.

LES MINERALISATIONS
DU MONT DE VANNES



.Légende.

- Eboulis.
- Alluvions.
- Glaciaire.
- Conglomérat principal.
- Grès intermédiaires.
- Pélites viséennes.
- Roches vertes.
- Microgranites.
- Faille
- Minéralisations.
- Galerie.
- Descenderie.

. Echelle : 1/20 000.

CHAPITRE III

ETUDE METALLOGENIQUE ET TECTONIQUE

Le plan de la première partie réservée à l'étude métallogénique est déterminé par la répartition géographique des minéralisations. Nous étudions successivement :

- Les minéralisations du Mont de Vannes
- Les minéralisations dans la région de Ternuay
- Les minéralisations dans la région de la Grève

Dans la seconde partie, nous ferons la synthèse des observations concernant les failles et leurs minéralisations, puis nous tenterons d'établir une relation entre la direction des failles et celles des filons de roches intrusives.

ETUDE METALLOGENIQUE

A - LES MINERALISATIONS DU MONT DE VANNES (cf. Pl. VII)

En premier lieu, nous décrivons rapidement les minéralisations qui n'ont jamais fait l'objet de recherches minières en raison de leur faible extension mais qui constituent de bons indices de faille.

En second lieu, nous résumons les résultats de l'étude détaillée du gîte métallifère du Mont de Vannes effectuée lors de la réalisation de notre diplôme (1964).

Les indices de failles

1°) - Environs des Granges du Mont de Vannes :

a) - En bordure du chemin montant aux Granges, au point x = 920,12 - y = 314,69 et sur une largeur de 5 à 6 m, l'andésite présente une faible fissuration subverticale qui ne produit aucune altération dans la roche. Les fissures n'excèdent guère 1 cm de largeur, sont pour la plupart tapissées d'une fine couche de quartz et comblées par des lamelles blanches de barytine. Dans quelques autres, de la pyrite s'est déposée directement sur les épontes en finepéllicule dessinant des petites taches.

b) - Cette fissuration est encore visible sur une quarantaine de mètres vers l'Est suivant une direction approximative N.105°E. Dans son prolongement exact, au S.E. des Granges, au point : x = 920,46 - y = 314,66 elle affecte les pélites schisteuses. Le remplissage est encore constitué de quartz microcristallin et de barytine lamelleuse. Les brusques variations de pendage et la torsion des plans de stratification des pélites sur quelques mètres de largeur et une quinzaine de longeur, sont les indices de phénomènes dynamiques liés à une fracturation.

c) - A 200 m au S.W. des Granges, dans un ravin de direction S.W. - N.E., nous observons une zone de broyage de 2,50 m environ de puissance et longue de 50 m, de direction N.27°E. Elle affecte surtout l'andésite au Nord puis les grauwackes dans son extrèmité méridionale.

Les éléments anguleux de la brèche qui en résulte sont de différentes tailles (de l'ordre du cm jusqu'à 20 et 30 cm). Ils sont presque entièrement recouverts d'une fine couche de quartz (1 mm d'épaisseur) dont la rugosité est due à l'orientation des petits prismes terminés

par la pyramide hexagonale, perpendiculaire à la surface recouverte.

La barytine a cristallisé en masses lamellaires dont le développement est proportionnel aux dimensions des vides entre les blocs. Certaines atteignent 6 cm d'épaisseur, les lamelles blanches qui les constituent sont parallèles ou rayonnantes, parfois enchevêtrées.

2°) - Région du Raddon :

A l'Est du Mont Chatton et de part et d'autre de la route D.97 à la cote 345, nous observons une zone de broyage d'environ 40 m de puissance.

Au pied du Mont Chatton, l'andésite est coupée par un système filonien de direction approximative N.20°E. Il s'agit de filons de quartz stérile, d'aspect saccharoïde, laiteux ou gris. Leur puissance varie, elle peut atteindre 15 cm ; ils sont encore présents dans les pélites au S.W. du point coté, et sont aussi visibles sur une centaines de mètres de long.

De l'autre côté de la route (point x = 920,71 - y = 315,93), le broyage se traduit par une brèche à ciment de barytine. Les éléments anguleux sont de taille variant du millimètre à 10 cm, ils sont affectés de fissures (0,15 mm d'épaisseur) remplies de quartz, de rares lamelles de barytine, et enrobés d'une fine couche de quartz microcristallin.

Dans la roche qui constitue ces éléments, le quartz abondant corrode fortement les lattes feldspathiques souvent tordues. La seule composition du feldspath que nous ayons pu évaluer est celle de l'albite An_{10}. La roche serait donc un microgranite albitique, mais les altérations qu'il a subies ne permettent pas de l'affirmer.

Selon l'extension de vides entre les éléments, la barytine a cristallisé en fines lamelles non contigues ou en masses lamellaires blanches atteignant 4 cm d'épaisseur et 15 cm de diamètre.

3°) Conclusion :

Ces zones de broyage sont les témoins de fractures du socle qui ont permis la venue de minéralisations de type épithe mal caractèrisé par la présence de quartz et de barytine.

La faible extension de ces zones retire tout intérêt à une recherche éventuelle en profondeur.

Le gîte métallifère du Mont de Vannes

1°) - Situation géographique et géologique :

Les principales galeries s'ouvrent à 400 m au N.E. du hameau "les Granges du Mont de Vannes". La zone minéralisée est situés entièrement dans une coulée andésitique d'environ 550 m de puissance, encadrée au N.E. et au S.W. par des pélites et disparaissant à l'Est sous le Trias. Nous avons relevé la présence d'andésite mylonitisée et bréchique sur toute cette puissance.

2°) Historique du gisement :

Les travaux miniers ne furent que de faible envergure :

- GENSANNE (1756) ne fait que signaler l'existence du gisement.

- M.E. THIRRIA (1833) nous apprend que la recherche du zinc et du plomb cessa en 1740.

- L. MEYER (1910) indique que l'exploitation repris entre 1905 et 1910.

- Des recherches peu poussées furent effectuées en 1914 et un peu auparavant.

- R.W. KARPINSKI (1931) donne une étude détaillée du gisement.

- En 1964 et depuis trois ans auparavant, des recherches étaient éffectuées par une société parisienne.

3°) - Description du gisement :

Deux filons sont bien visibles.

Le filon principal a une direction moyenne de N.27°E. Son inclinaison est de 80° vers le N.W. Les principaux travaux d'exploitation sont situés à cinq niveaux différents :

- A ciel ouvert dans la partie supérieure du gisement.

- A 30 m sous ce niveau, le filon est atteint par une galerie horizontale de 12 m de long.

- A 30 m au Sud de cette ouverture une autre galerie horizontale recoupe le filon en biais.

- Une galerie horizontale d'environ 40 m de long devant atteindre perpendiculairement le filon et s'ouvrir plus bas que précédemment n'a pas été retrouvée.

- Enfin au niveau de la route et du fond de la vallée de l'Ognon s'ouvre une galerie non achevée de direction parallèle à la précédente.

Le second filon situé à 50 m à l'Ouest du filon principal est de direction N. 15° E., de pendage 63° E. ; il n'est reconnu que sur 30 m de longueur et ne renferme presque uniquement que du quartz.

4°) - Etude de la zone minéralisée :

La puissance du filon est en général de 1,50 à 2 m, mais peut atteindre rapidement 5 m, localement. La fluorine occupe presque toute l'épaisseur du filon. La blende et la galène sont en placage mince contre les épontes constituées d'une mylonite vert clair, généralement bien cimentées.

a) - La mylonite :

Dans le premier type de mylonite, il est possible d'identifier certains caractères de l'andésite à structure gerbée qui a été broyée. Dans le second type, l'intensité de la silicification a totalement transformé la roche initiale.

b) - Les minéraux du filon :

Le tableau ci-dessous groupe les différents minéraux observés :

Gangue	Minerais Primaires	Minerais d'altération
Fluorine	Blende	Goethite
Quartz	Galène	Pyromorphite
Calcédoine	Chalcopyrite	Chalcosite
Barytine	Pyrite	
	Bornite	

5°) - Mode de remplissage et genèse :

La synthèse des observations macroscopiques et microscopiques concernant les relations entre les différents minéraux nous permet de déduire la chronologie des cristallisations qui semble être la suivante : (les minéraux caractéristiques de chaque venue sont soulignés) :

1 - Quartz

2 - Chalcopyrite, blende, fluorine, et galène

3 - Fluorine verte, galène, blende et quartz

4 - Fluorine blanche et quartz

5 - Quartz

6 - Barytine

7 - Quartz et calcédoine

Ce gîte est mixte : méso et épithermal. Il résulte d'abord d'une cristallisation de type mésothermal accentué représentée par la présence de chalcopyrite et de bornite puis d'une cristallisation de type mésothermal banal représentée par la présence de galène et de blende, enfin d'une cristallisation de type épithermal soulignée par la présence de barytine et de fluorine.

6°) - Conclusion :

La nature de la minéralisation, le mode de remplissage et le type métallogénique de ce gîte présentent une grande analogie avec ceux décrits dans plusieurs gîtes des Vosges méridionales et notamment par Y. GUINTRAND (1963) à Saint Bresson (faille de direction N.48° E.) et J. THIEBAUT, J. BULLE et N. MORRE (1961) à Rupt-sur-Moselle (faille sensiblement méridienne).

A notre avis, plusieurs remarques guident les recherches récemment entreprises autour du gîte du Mont de Vannes :

- L'épaisseur de la zone minéralisée

- L'extension horizontale qui est probablement au moins triple de celle qui fut exploitée d'après la répartition en surface des blocs de mylonite ou de brèches.

- L'extension verticale qui dépasse probablement celle assez faible des anciens travaux.

Le gîte métallifère du Magny-de-Fresse

Nous avons seulement retrouvé les traces des anciens travaux sous forme d'échantillons de minerais mêlés aux éboulis.

Parmi les auteurs précités, GENSANNE (1756), M.E. THIRRIA (1833) et R.W. KARPINSKI (1931), seul ce dernier donne une description du gisement qu'il reconnait sur une longueur de 50 m avec une direction N.20°E. Il signale la présence de quartz, calcite et fluorine dans la gangue, de galène et de blende parmi les minerais.

La présence de ces échantillons sur les deux flancs de la vallée encaissée du Raddon jalonne une faille de direction approximative N.27°E. sur une longueur d'environ 200 m. Elle coupe le lit de la rivière à 240 m en aval de la scierie du Creusot. Tout indice de faille disparait à l'approche des pélites au S.W., mais un rejet dans le poudingue triasique traduit le passage de la faille au sommet du Mont de Vannes.

Les échantillons minéralisés que nous avons prélevés au point : x = 921;66 - y = 315,59, sont constitués d'une brèche où les éléments sont des blocs anguleux de mylonite gris clair ou d'andésite bréchique et le ciment des minéraux de gangue : quartz, calcédoine et fluorine, et du minerai : la galène. Nous n'avons pas trouvé de trace de blende.

D'après l'observation de l'ensemble de ces échantillons, il semble que l'ordre de cristallisation soit le suivant :

1 - Quartz et calcédoine
2 - Fluorine verte, galène et quartz
3 - Fluorine blanche et incolore en cubes et quartz
4 - Quartz

La mise en place et le type métallogénique de ce gisement sont semblables à ceux du gîte du Mont de Vannes.

Conclusion A

Parmi les zones minéralisées que nous venons de décrire, une seule est de direction N.105°E., les autres sont toutes de direction voisine de N.29°E.

En établissant des comparaisons de l'une à l'autre, nous constatons qu'elles ont soit un minéral de gangue (la barytine ou la fluorine) soit un minerai (la galène) en commun.

Ces deux remarques tendent à prouver le synchronisme des minéralisations hydrothermales des failles de la région du Mont-de-Vannes. Elles ont pu intervenir lors d'un rejeu ou lors de la genèse de ces failles, elles sont en tout cas d'âge post-triasique, puisque les fractures de direction N. 27° et 105° E. affectent le Trias, particulièrement dans cette région.

B - LES MINERALISATIONS DANS LA REGION DE TERNUAY

Au lieu dit "Combrageot", à 750 m au Sud de l'Eglise de Ternuay il existe un gisement de fluorine et galène décrit par R.W. KARPINSKI (1931). D'après cette description, ces minéraux se trouvent en petites veines et vacuoles sur une longueur de 25 m et suivant une direction N.170°E., dans les pélites et l'andésite. L'auteur souligne la faible extension de ce filon et le petit nombre des échantillons.

Le seul indice de ce gisement que nous ayons retrouvé est l'ouverture en voie d'éboulement d'une galerie dans les pélites. Nous n'avons observé ni halde, ni échantillon minéralisé dans les environs.

Nous décrirons la minéralisation d'une faille dont la position géographique (au Mont Jean), non la nature du minerai, coïncide avec celle de la"mine de Ternuay" décrite par les auteurs cités ci-dessous.

Puis nous étudierons deux autres zones minéralisées jamais exploitées, dont l'une est située dans le lit de l'Ognon.

1°) - La zone minéralisée du Mont Jean :

D'après GENSANNE (1756) "la mine va par rognons, ... la gangue est un quartz blanc mêlé de spath, renfermé par l'ardoise. Le minerai rend 70 livres de plomb par quintal et 2 lots d'argent. Il tient peu de blende". D'après M.E. THIRRIA (1833) "la mine de Ternuay est un filon mal réglé, renfermant de la galène argentifère et de la blende qui se trouve à peu de distance à l'Est du village. L'exploitation a été abandonnée en 1740 et reprise momentanément en 1748. L'irrégularité du filon et le peu d'abondance du minerai doivent dissuader de le réexploiter".

La zone minéralisée que nous observons est située à l'Est de Ternuay, elle est sensiblement parallèle au ruisseau du Mont Jean, c'est-à-dire de direction N.143°E. Dans le lit même du ruisseau, sous la ligne électrique à haute tension et sur 1,50 à 2 m de largeur (point : x = 922,89 - y = 318,07) il existe dans les pélites schisteuses un système de filons de différentes épaisseurs (1 à 15 cm) et souvent contournés, anastomosés. Ils sont constitués de quartz laiteux contenant un peu d'oligiste en paillettes et trainées finement cristallisées. La trace de des filons est suivie sur 250 m environ au N.W. de ce point.

L'altération intense et l'essaimage de filonnets de quartz constatés dans la rhyolite des pointements situés plus au N.W. soulignent le prolongement de la cassure.

L'étude microscopique prouve que le quartz accompagné de calcédoine et contenant des fragments anguleux de pélite mylonitisée inclut l'oligiste qui se présente sous deux formes :

- En petites lamelles automorphes.

- En filonnets anastomosés et parfois affectés de cassures avec rejet. La faille a donc rejoué postérieurement à sa métallisation.

Dans chaque cas, l'oligiste est corrodé par le quartz , il s'altère localement en goethite. Il s'agit du seul minerai issu de la minéralisation hydrothermale de cette faille.

La faible teneur des filons en oligiste et leur irrégularité ne présentent aucun intérêt minier.

Etant donné l'absence de point commun entre la description de cette zone minéralisée et les descriptions citées au début de ce paragraphe, il semble que ces dernières intéressent le gisement du Combrageot.

2°) - La zone minéralisée du Bois Georges :

a) - Situation géographique et géologique :

Elle est située à environ 1200 m au N.E. de Ternuay. D'après la surface occupée par la rhyolite bréchique traversée de filonnets de quartz de part et d'autre de cette zone, il semble que la faille majeure soit accompagnée d'un système de fractures annexes.

Cette zone est repérable sur une longueur de 450 m, suivant une direction N.65°E, sa largeur très variable n'excède pas 2 m. Elle est bien visible aux points de coordonnées :

x = 922,97 y = 319,12

x = 923,14 y = 319,19

b) - Etude de la mylonite :

Les épontes sont constituées d'une rhyolite rose ou rouge brique à structure microcristalline porphyrique, contenant des vacuoles

de calcédoine et de quartz. Dans la zone minéralisée la roche est soit réduite en une brèche mylonitique, soit affectée de fissures occupées par le minerai et le quartz.

. Dans le premier cas, les fragments anguleux de la brèche sont de taille assez importante (jusqu'à 10 cm) et constitués d'une rhyolite semblable à celle des épontes mais parcourue de nombreux filonnets de quartz et dont la pâte silicifiée contient des vacuoles calcédonieuses de 2,5 mm de diamètre. Ils sont cimentés par une mylonite sombre essentiellement constituée d'un fond de quartz microcristallin et de calcédoine dans lequel l'oligiste et la goethite se trouvent en fines inclusions, en amas diffus ou en traînées. Les rares paillettes d'oligiste automorphes (0,20 mm) sont corrodées.

. Dans le second cas, la rhyolite est traversée par deux types de fissures. D'une part et en tous sens par des microfissures et des filonnets remplis de quartz et de calcédoine, qui lorsqu'ils tranchent un phénocristal de plagioclase le brisent et le plient fortement. D'autre part, par des fissures d'épaisseur variable (1 à 4 mm en moyenne mais parfois 1,5 cm) anastomosées et en majeure partie subverticales, remplies d'oligiste.

c) - Etude des minéraux :

L'oligiste se présente généralement en fines lames p avec de beaux éclats métalliques, bien développées de façon sensiblement parallèle aux bords des fissures. Leurs groupements prennent parfois un aspect palmé. Dans les fissures les plus épaisses l'oligiste est en masse lamellaire où les fines lamelles sont enchevêtrées. Les vides contiennent des petits rhomboèdres de sidérose. De l'hématite se présente en placages à surface luisante.

L'étude microscopique montre qu'une fine couche de calcédoine isole les épontes des lames d'oligiste. Celui-ci contient des cristaux de quartz automorphe parfois corrodés. (Cf. Photo 1 - Pl. E)

d) - Genèse :

La minéralisation hydrothermale de la fracture semble se décomposer en deux temps :

1 - Cristallisation de la calcédoine et du quartz.

2 - Cristallisation de l'oligiste.

La faible épaisseur des fissures et leur irrégularité excluent tout intérêt économique de ce gisement.

3°) - Le filon des Etroitures de Ternuay :

a) - Situation géographique :

A la faveur d'une sécheresse estivale, nous avons prospecté le lit de l'Ognon encaissé d'une dizaine de mètres à cet endroit lors du franchissement du verrou glaciaire constitué de rhyolite.

La zone broyée que nous avons observée n'excède pas 50 cm d'épaisseur et peut être plus réduite, elle est de direction N.125°E. Les échantillons étudiés proviennent du point : x = 923,28 - y = 320,06.

b) - Etude de la mylonite :

Le passage de la rhyolite saine à la mylonite se fait brutalement. Cette dernière est gris sombre ou gris verdâtre clair. Dans la premier cas, la structure de la rhyolite est encore reconnaissable, mais la pâte et les cristaux sont envahis et pseudomorphosés par la chlorite, la calcite et la séricite. Dans le second cas, la roche originelle est méconnaissable : ses minéraux très finement broyés et très altérés sont cimentés par d'abondants microcristaux de quartz.

La mylonite occupe une grande longueur de la zone de broyage mais près de la rive gauche de l'Ognon, elle contient sur une dizaine de mètres de nombreuses "amandes" et veines de fluorine et de quartz

de 5 à 10 cm d'épaisseur. En dehors de celles-ci, la mylonite est affectée de fractures de 1 cm d'épaisseur remplies de calcite, elles-mêmes recoupées par des filonnets de calcite témoins d'une faible fracturation postérieure. La mylonite existe également à l'état de fragments anguleux de différentes tailles (jusqu'à 9 cm de long), cimentés par les minéraux.

c) - Etude des minéraux :

Le quartz est limpide, transparent ou le plus souvent laiteux. Ses microcristaux enrobent les fragments de mylonite d'une fine couche et en comblent les fissures. Une seconde génération de quartz en cristaux plus développés englobe et corrode des cristaux automorphes de fluorine verte, rarement incolore parfois violette. (Cf. Photo 2-Pl.E) La fluorine verte peut constituer de beaux échantillons en blocs de dimensions notables (jusqu'à 6 cm d'épaisseur). Certains de ses cristaux englobent des cristaux automorphes de quartz.

Un rejeu de la faille ultérieur à cette minéralisation a permis la formation de fissures recoupant le tout et comblées partiellement par du quartz en prismes fins perpendiculaires à leurs bords.

La calcite a cristallisé postérieurement à tous ces minéraux. de fins dodécaèdres et cubes de pyrite sont inclus parfois dans les minéraux, souvent dans la mylonite.

d) - L'ordre de cristallisation semble être le suivant :

1 - Pyrite

2 - Quartz

3 - Fluorine verte et violette, quartz

4 - Quartz

5 - Quartz et calcite.

e) - Genèse :

L'abondance du quartz et de la fluorine souligne le caractère épithermal de la cristallisation des minéraux en majeure partie.

f) - Conclusion :

Ce filon principal est accompagné d'un filon croiseur et stérile de quartz laiteux de 15 à 30 cm d'épaisseur, de direction N.85°E., bien visible près de la rive droite de la rivière.

La recherche du filon de fluorine en dehors, donc à 10 ou 20 m au-dessus du lit de l'Ognon, nous a conduit à ne découvrir dans son prolongement que des fissures peu épaisses (n'excèdant que rarement 1 cm) de même direction et remplies de quartz. L'enrichissement du filon en fluorine se fait donc brutalement en profondeur. Cette remarque jointe à l'observation des échantillons de fluorine verte bien développée justifierait, à notre avis, quelques travaux de recherche. Il faut cependant ne pas oublier l'importance du quartz et rappeler que le filon affleure dans le lit de la rivière, ce qui serait un handicap dans l'exécution éventuelle de travaux.

C - LES MINERALISATIONS DANS LA REGION DE LA GREVE

Les zones minéralisées de cette région sont de direction N.65° E. et sont caractèrisées par la présence d'oligiste. La première fut jadis exploitée à "l'Envers de la Grève". La seconde moins importante jalonne une fracture dans le bois des Communaux d'Aval.

1°) - Le gisement de l'Envers de la Grève :

a) - Situation géographique et géologique :

Ce gisement est situé dans une zone de rhyolite altérée de largeur variant de 100 à 450 m, de direction S.W. - N.E. de la Grève jusqu'au Prè Jacques, puis E.S.E - W.N.W. de ce lieu à la Sapine.

L'altération que subit la rhyolite décrite par A. ANDROZ (1964) est la même que celle subie par la rhyolite du Bois Georges. La déformation mécanique et l'altération en produits chloriteux et séricite affectent les

phénocristaux de plagioclase. La pâte silicifiée contient de la calcédoine, beaucoup de quartz, de fines inclusions d'oligiste, de pyrite. La roche est parcourue de filonnets de quartz et d'oligiste.

b) - Historique :

Le gisement très peu important est signalé par M.E.THIRRIA (1833) comme un "stockwerk composé de filons quartzeux avec nids de fer oligiste et de baryte sulfaté, situé au lieu dit Revers aux Chiens". Cet auteur indique que les dernières fouilles sur la crête datent de 1827. R.W. KARPINSKI (1931) en donne une étude complète. Il évalue à 30 m la longueur du filon et 70° Sud son pendage.

c) - Description de la zone minéralisée :

L'entrée d'une ancienne galerie totalement effondrée, située dans la zone minéralisée est encore visible au point : x = 926,17 - y = 319,55, à 250 m au S.W. de la ferme de l'Envers de la Grève. L'épaisseur de cette zone est variable mais ne semble pas dépasser 2 m. Sa structure est brèchique comme celle des zones minéralisées décrites jusqu'à présent. Les fragments de mylonite emballés dans les minéraux sont assez rares et de faible dimension (2 ou 3 cm) dans les échantillons que nous avons prélevés. Certains sont entourés d'une auréole d'épaisseur variable (4 mm à 2,5 cm) de quartz rose de première génération. Ils sont cimentés par des amas lamellaires importants de barytine blanche qui englobe parfois des fragments d'auréole de quartz rose.

Ces lames p de barytine dont l'épaisseur peut atteindre 5 mm se groupent souvent en masses à structure rayonnante ou divergente de 9 cm de rayon. Elles sont isolées les unes des autres par une très fine couche d'oligiste en paillettes microscopiques, rarement en lames p.

L'oligiste, fréquemment sous forme finement micacée, constitue également des "nids" entre les amas lamellaires de barytine. (cf. Photo 3 - Pl.E)

Dans tous les cas, la transformation de l'oligiste en hématite est assez intense.

Du quartz blanchâtre ou limpide de génération postérieure aux minéraux précités tapisse ou comble les vacuoles entre les lamelles ou les amas de barytine.

Le rejeu ultime de la faille a permis la mise en place de filons de quartz atteignant 1 cm d'épaisseur et traversant la masse minéralisée.

d) - Genèse :

D'après cette description, il semble que l'ordre de cristallisation soit le suivant :

1 - Quartz

2 - Barytine, oligiste et quartz

3 - Quartz

e) - Conclusion :

Le fort pourcentage de la barytine par rapport à celui de l'oligiste justifie l'abandon des recherches de 1827.

Nous avons suivi ce filon sur 400 m environ vers le S.W. Au point x = 925,84 - y = 319,34, la mylonite quartzeuse et calcédonieuse renfermant de nombreux fragments de rhyolite très altérée, ponctuée d'oligiste et d'hématite est recoupée de filonnets de calcédoine et de quartz ayant induit ceux d'oligiste qui les recoupent et s'entrelacent. La barytine est absente.

2°) - La zone minéralisée des Communaux d'Aval.

a) - Situation géographique et géologique :

Cette zone dont la puissance est sensiblement la même

que celle de la précédente, traverse des rhyolites brèchiques sur le flanc septentrional des Communaux d'Aval. Elle est bien visible au point : x = 925,46 - y = 319,98.

b) - Description de la zone minéralisée :

La mylonite brun rouge est une association de quartz microcristallin, de calcédoine et d'oligiste, surtout d'hématite, sous forme de ponctuation, amas diffus et traînées. Elle contient de nombreuses vacuoles comblées par du quartz parfois accompagné d'oligiste ou uniquement par de l'oligiste micacé , ainsi que nombreux fragments anguleux et réduits de rhyolite très altérée. Elle renferme également des blocs constitués de quartz et de calcédoine contenant des vacuoles et des filonnets d'oligiste. Ces blocs témoignent d'une première minéralisation dont les produits ont été broyés par un rejeu de la faille et inclus dans une nouvelle brèche minéralisée.

Nous avons retrouvé les indices de broyage dûs à cette fracture au N.E. de la Ferme de la Sapine, sur le flanc méridional des Communaux d'Aval (en particulier au point : x = 925,07 - y = 319,79). La rhyolite est alors affectée d'un réseau dense de fissures minces remplies d'hématite et d'oligiste, recoupées par des filonnets de quartz plus épais : 1 à 2 mm.

c) - Genèse :

D'après ces observations, la minéralisation de cette faille se serait effectuée en deux temps, chacun représenté par de l'oligiste dans une gangue de quartz et de calcédoine. Puis un rejeu ultime serait responsable de la mise en place des filonnets de quartz stérile.

d) - Conclusion :

La faible représentation en surface de l'oligiste ne présente aucun intérêt d'ordre économique.

Conclusion B et C

Excepté le filon de fluorine des Etroitures de Ternuay, les zones minéralisées des régions de Ternuay et de la Grève ont deux directions : N.143° E. et N. 65°E., dont l'une, la seconde, est dominante. Elles sont toutes caractèrisées par la présence du même minerai : l'oligiste. Ces remarques rejoignent celles concernant les failles de la région du Mont de Vannes et tendent à prouver le synchronisme de leursminéralisations hydrothermales.

Dans la région de la grève en particulier, un rejeu des failles postérieur à leur métallisation est nettement marqué. Cette observation est importante car elle permet de supposer que c'est lors de ce rejeu que la faille non métallisée parallèle aux précédentes (N.65°) a affecté le Trias sur le rebord occidental du plateau de la Montagne de Fresse.

ETUDE TECTONIQUE

Dans ce paragraphe nous étudierons l'incidence des failles sur la structure et la topographie de la région. Puis nous établirons le rapport entre la direction des filons de quartz, des roches filoniennes (lamprphyres et microgranites) et celle des failles, ce qui nous permettra de discuter l'âge de ces dernières. Nous traiterons ensuite le problème de leur minéralisation.

A - INCIDENCES BIRUCTURALES DES FAILLES

Il nous faut rappeler que d'après leur localisation géographique et la similitude de leurs minéralisations, nous venons de faire une distinction entre deux familles de failles : l'une dont les directions sont N.27° et N.105°, l'autre N.65° et N.143°.

Le fait que l'angle mesuré entre les deux directions de chaque famille soit égal dans les deux cas (78°) n'est certainement pas fortuit et renforce cette distinction, en ajoutant au synchronisme de la minéralisation celui de la mise en place des fractures.

Les directions de fractures que nous relevons s'intègrent-elles dans l'ensemble des directions dominantes de dislocations du socle varisque français ? Pour répondre, il suffit de comparer les premières : N. 27° , N.65°, N.105°, N.125°, N. 143°, à celles relevant d'une analyse globale de M.J. GRAINDOR (1966) : N.25°, N.60°, N.80°, N.100°, N.125° et N. 155°. Quatre directions sur cinq correspondent à quelques degrés, près

la réponse est positive.

1°) - Incidences structurales et topographiques de la famille de fractures N.27° et 105° E.

L'observation de la carte géologique au 1/25.000ème prouve qu'en fait, la dislocation majeure post-triasique de la haute vallée de l'Ognon ou faille de l'Ognon démontrée par M. RUHLAND (1959) est un ensemble de fractures subverticales. Elles délimitent dans le socle des compartiments dont l'effondrement est progressif généralement d'Est en Ouest. Ainsi, la base du poudingue triasique subhorizontal est à la cote 670 au Plainet (x = 923,92 - y = 313,53) et à la cote 332,5 à l'ancien moulin de la Morte Goutte (x = 918,87 - y = 313,48), c'est-à-dire à 4,5 m au-dessus du niveau de l'Ognon à Melisey.

Par contre, le poudingue est à la cote 360 à la butte du Grand Sigle (au N.E. de Melisey) sur la rive droite de l'Ognon. Ceci indique que dans l'effondrement général progressif d'Est en Ouest, il y a eu une zone d'affaissement accentué où l'Ognon coule actuellement. A la notion d'origine tectonique de la vallée de l'Ognon nous ajoutons donc celle de sa structure : il s'agit d'un étroit fossé d'effondrement. Cette structure reproduit celle du fossé rhénan mais en beaucoup plus petit, évidemment. La direction des failles majeures de ce dernier (N.25°) est sensiblement la même que celle dont il est question ici (N.27°).

Dans la partie orientale du Mont de Vannes et à la Montagne de Fresse, les grandes failles (N.27°) affectent seules le Trias et délimitent de longs panneaux plus ou moins étroits. Sur le versant occidental et méridional du Mont de Vannes, les deux types de failles (N.27 et 105° E.) se recoupent mutuellement. Ce qui est encore une preuve de leur synchronisme.

Elles découpent le socle en compartiments et provoquent un effondrement progressant généralement du Nord vers le Sud, se superposant au précédent. La combinaison des deux types de failles confère à la dislocation un caractère de cisaillement. Ainsi apparait à l'Est des Granges du Bertey le panneau de grès à Voltzia déjà signalé.

Aucun indice ne nous permet d'évaluer le pendage des failles N.105° de part et d'autre de la verticale. Quant à celui des autres failles il parait variable : 70° à l'Est (filon du Magny-de-Fresse - R.W. KARPINSKI - 1931) et 80° au N.W. (filon de la mine du Mont de Vannes).

2°) - Incidences structurales et topographiques de la famille de fractures N.65 et 143° E.:

L'une de ces failles de direction N. 65° affecte le Trias à la Montagne de Fresse (cf. p. 145) et y provoque un rejet de regard N.W. Alors qu'entre St Barthelèmy et Ternuay la vallée de l'Ognon est strictement parallèle à la direction N. 27°E., elle devient parallèle à la direction N.65°E. entre Ternuay et le Pont de Miélin (x = 925,00 - y = 320,80) en amont.

Ces observations prouvent la similitude des conséquences structurales et topographiques de ces fractures avec celles étudiées précédemment, en particulier le pouvoir d'induction des failles majeures sur la direction de la vallée de l'Ognon.

Notons dans le même ordre d'idées que la vallée de la Doue de l'Eau est dans le prolongement exact de la faille de l'Envers de la Grève en amont de la Grève et ceci pendant 4,5 Km.

3°) - Diagramme de direction des fractures -(n° 1. Pl. VIII)

Ce diagramme a pour but de donner une idée sur l'importance relative des failles dans la région étudiée et de permettre une

comparaison rapide de leurs directions avec celles des filons.

Afin d'évaluer l'importance relative, nous traçons des rayons dans un demi cercle dont la base représente un méridien. La direction de chaque rayon est celle des fractures qu'il représente; sa longueur est proportionnelle à celle de toutes les failles ayant cette direction. Notons qu'il s'agit d'un diagramme d'évaluation relative, ce qui atténue l'incidence des erreurs inévitables commises sur la mesure de la longeur des failles.

La longueur totale des failles de direction N.27° étant la plus grande, nous l'utilisons comme indice de référence de valeur 100.

Ainsi sont mises en évidence les deux directions de failles majeures : N.27° et N.65°, avec prédominance de la première. Comme il est admis communément que la longueur d'une dislocation est en rapport avec son extension vers la profondeur, il y a lieu de penser qu'il s'agit là de failles de grande profondeur, ce que traduit d'ailleurs leur minéralisation hydrothermale.

L'évaluation de la longueur partielle des failles se prolongeant en dehors des limites de notre terrain ne permet pas de fixer une limite aux rayons représentatifs. Ceux-ci se prolongent donc par des tirets et un point d'interrogation.

Parmi les directions de fractures indiquées par Y. GUINTRAND (1963) au N.W. de ce terrain, une seule est sensiblement parallèle avec l'une de celles que nous signalons : N.140°. Il s'agit de la faille de la mine de Saphcz dont le minerai principal est l'oligiste, tout comme dans la minéralisation de la faille du Mont Jean (cf.p.136).

B - RELATION ENTRE LES DIRECTIONS FILONIENNES ET LES DISLOCATIONS

Le but de cette étude est de vérifier si les résultats d'études confirmant cette relation sont applicables dans la région étudiée. Récemment, M.J. GRAINDOR (1966) a établi par l'étude statistique des directions filoniennes des massifs anciens du sol français (massif Armoricain, massif Central et Vosges) qu'il existe six directions dominantes : N.25°, N.60°, N.80°, N.105°, N.125°, N.155°, qui sont celles des dislocations majeures du socle varisque français citées plus haut.

Essayons d'établir la même relation : comparons les directions successivement des filons de quartz, de lamprophyre et de microgranite avec celles des fractures que nous venons d'étudier. Dans chacun des trois diagrammes (n° 2, 3 et 4- Pl. VIII), la direction de chaque rayon est celle des filons qu'il représente, sa longueur est proportionnelle au pourcentage des filons ayant cette direction.

1°) - Les filons de quartz :

Nous en avons recensés 15 - Diagramme n° 2.

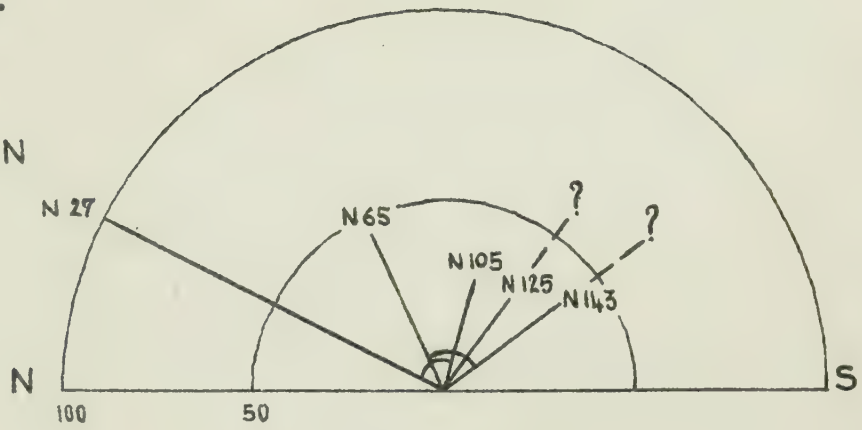
Sur les cinq directions relevées, trois correspondent exactement à des directions de fractures : N.27°, N.105°, N.125°. Il est intéressant de noter que les directions privilégiées des filons de quartz sont celles de la famille de failles N.27°, N.105° et que les trois directions précitées sont celles des zones minéralisées où domine la fluorine.

Nous pouvons conclure que la mise en place des filons de quartz s'est faite par l'intermédiaire de fractures. La relation est directe.

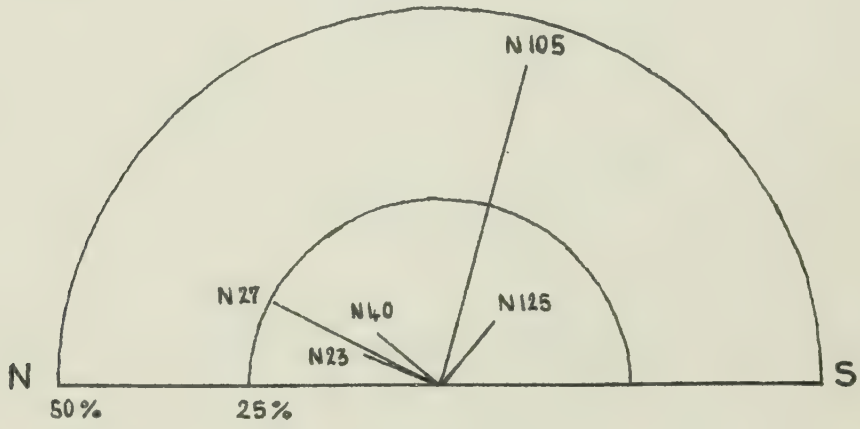
.PLANCHE VIII.

DIAGRAMMES DE DIRECTION

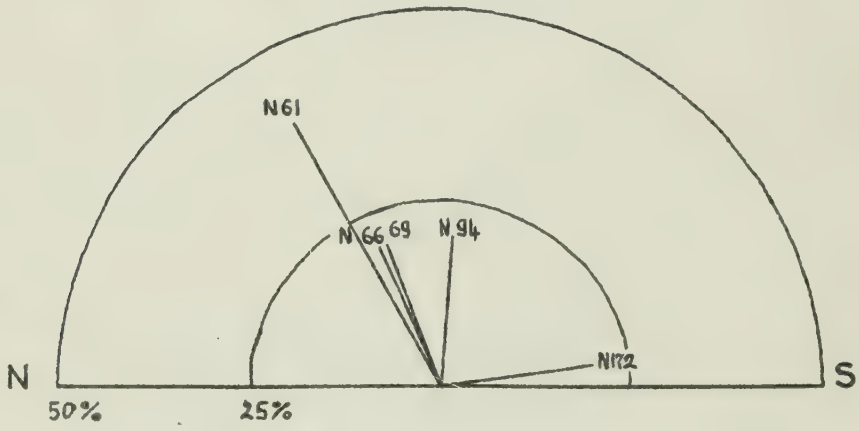
1_ Les fractures



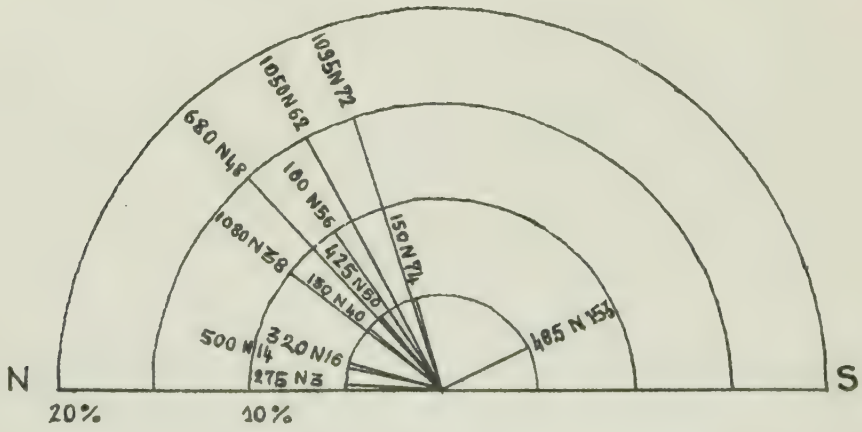
2_ Les filons de Quartz



3_ Les filons de Lamprophyres



4_ Les filons de Microgranites



2°) - Les filons de lamprophyre :

Nous en avons recencés 8 - Diagramme n° 3.

Parmi les cinq directions relevées, nous remarquons que les directions privilégiées oscillent de 4° au maximum autour de la direction N.65°, qui est celle des failles majeures de la famille N.65 et 143°E. Une relation existe donc entre les filons de lamprophyre et les fractures.

3°) - Les filons de microgranite :

Nous en avons recencés 23 - Diagramme n° 4 - Le chiffre précédant l'indication de l'angle de direction représente la longueur en mètres des filons.

Nous constatons que 45 % des filons représentant 38% de leur longueur totale ont une direction oscillant de 9° autour de la direction N.65°, c'est-à-dire celle des failles majeures signalée plus haut.

Il existe un autre ensemble de directionsprivilégiées oscillant autour de N.43° (N.38° à N.48°) représenté par 30 % des filons et presque parallèle à la direction N.40° des filons de quartz.

Ceci nous conduit à établir entre les filons de microgranite et les fractures une relation autant marquée mais moins étroite que celle liant les filons de lamprophyre.

C - AGE DES FRACTURES ET DE LEURS MINERALISATIONS

Cette étude tectonique prouve que dans la région étudiée comme dans les autres massifs primaires de la France, il y a une relation entre les directions filoniennes et les dislocations majeures du socle : la présence d'un filon est donc bien liée à l'existence de fissures de la croûte terrestre. Il est difficile d'évaluer leur profondeur. M.J. GRAINDOR (1966) cite R.A. DALY (1933) selon lequel les fissures qui permettent l'intrusion des

magmas les plus basiques sont vraiment abyssales, c'est-à-dire affectant la croûte sur toute son épaisseur. Dans les Vosges méridionales en particulier, les filons de microgranite et de lamprophyre s'intègrent, rappelons le, dans l'essaimage filonien marquant la fin de l'activité du magma granitique après le Viséen supérieur (Cl. FOURQUIN - 1966). Cela donne d'une part un ordre d'idées sur la profondeur des fissures qui sont uniquement intracrustales, s'arrêtant au toit des anciens réservoirs magmatiques, actuellement le socle granitique, et constitue d'autre part un argument pour les dater.

Age des fractures :

Pour permettre l'essaimage filonien ou encore "les injections filoniennes contemporaines ou subcontemporaines des venues granitiques" (G. et C. DUBOIS - 1955), le système des fractures N.65° et 143° leur est nécessairement antérieur ou au plus tard contemporain. Son âge est donc borné inférieurement par la fin du Viséen inférieur ou supérieur et supérieurement par la pénéplanation anté-stéphanienne.

L'étude tectonique de cette région nous conduit donc à formuler sur l'âge de ces fractures la même hypothèse que celle résultant d'études générales sur les Vosges, notamment celles de G. et C. DUBOIS (1955). En parlant de la "crise orogénique hercynienne principale des Vosges", ces auteurs pensent que "tout ceci pourrait s'être échelonné depuis la fin du Viséen supérieur jusqu'au cours du Westphalien".

Il est bien entendu que ces failles ont du rejouer au cours de l'histoire post-hercynienne des Vosges, notamment après le Trias, puisque nous l'avons signalé, l'une d'elles affecte ces dépôts. Il est même probable que l'âge de certaines soit post-triasique.

Le même raisonnement s'applique à la datation des fractures de direction N.27° et N.105°.

Age des minéralisations :

Les études récentes effectuées par G. DURAND et G. JURAIN (1962) surtout par G. JURAIN (1962 - 1964) sur les déséquilibres radioactifs de plusieurs minéralisations uranifères des Vosges méridionales permettent de formuler l'hypothèse de minéralisations d'âge tertiaire. Cette hypothèse tend à discréditer actuellement celle antérieure leur assignant un âge hercynien.

Etudions parmi les éléments dont nous disposons ceux susceptibles de correspondre le mieux avec l'une puis l'autre hypothèse.

1°) - Hypothèse des minéralisations d'âge hercynien :

D'après R.W. KAPINSKI (1931), dans cette région des Vosges la genèse des gisements de fer, d'origine hydrothermale ainsi que nous l'avons constaté, est la suivante : "les solutions minéralisatrices ont pris naissance dans les magmas basiques qui ont formé des roches éruptives voisines de ces filons".

Nous avons décrit de telles roches (trachy-andésite, microsyénite à pyroxène, andésite et labradorite) dans le substratum constitué de rhyolite où sont localisées les failles N.65° et de tufs, issus de l'activité magmatique acide par volcanisme effusif et explosif.

En admettant, comme il est logique de le faire, que l'activité du magma basique soit au moins en partie contemporaine de celle du magma granitique, les premières métallisations ont pu avoir lieu en même temps que les venues granitiques, c'est-à-dire après le Viséen inférieur.

Ceci revient à dire que l'âge des métallisations ne peut être mieux précisé que celui de la mise en place des fractures, c'est-à-dire entre le Viséen inférieur et le Stéphanien.

Une telle constation coïncide avec la datation des métallisations de G. et C. DUBOIS (1955) qui selon eux "doivent être subcontemporaines de la période des venues granitiques. Elles sont vraisemblablement antérieures à la grande planation post-hercynienne des Vosges, elle-même anté-houillère". En ce qui concerne les gîtes métallifères de la région de Ste-Marie-aux-Mines (Ht. Rhin), J.P. VON ELLER et R. WEIL (1962) pensent que "les paragenèses minérales (autres que celle du plomb plus récente) pourraient être liées en partie à la granitisation régionale qui a amené les éléments minéralisants avec elle hors des régions granitisées ...". Ces auteurs citent B.C. RAY (1937) selon lequel la minéralisation des gneiss de Ste-Marie-aux-Mines aurait débuté au Viséen et aurait pu se prolonger bien au-delà de l'époque hercynienne. Ilsdifférencient cependant les minéralisations hercyniennes de celles d'âge tertiaire auxquelles ils rattachent le filon de barytine de Rombach-le-Franc.

En conclusion, l'hypothèse de minéralisations d'âge hercynien est en contradiction avec la présence de barytine et surtout d'oligiste que nous avons décelée dans les grès intermédiaires du Trias.

2°)-Hypothèse des minéralisations d'âge tertiaire :

A Hérival (commune du Val d'Ajol - Vosges), une fracture N.S., de pendage 70-75° E., dans un granite à biotite, est minéralisée en galène et chalcopyrite avec une gangue de quartz et de fluorine. De très faibles quantités de plomb radiogénique ont été mises en évidence par G. DURAND et G. JURAIN (1962) dans la chalcolite, rare. Au cours de leurs travaux, l'analyse spectrale simultanée du plomb et de l'uranium leur permet d'évaluer le rapport Pb^{206}/U^{238}. D'après la valeur de ce rapport l'âge limite de la chalcolite est de $5,5 \pm 0,5$ MA.

D'autres études de G. JURAIN (1964) prouvent que plusieurs minéralisations uranifères, non exploitables, des Vosges méridionales, sont en déséquilibre radioactif au profit de l'U., ce qui indiquerait une origine récente des minéralisations.

Ces mesures d'âge confèrent aux minéralisations un âge tertiaire terminal. Ces dernières seraient donc sub-contemporaines de la fin des mouvements alpins et se seraient mises en place soit dans des failles préexistantes mais rejouant lors des phases de tassement liées à la tectonique alpine, soit dans des fractures contemporaines de ces phases. Elles témoignent d'activités magmatiques profondes dans cette région, mais que les dislocations ont permis de s'exprimer par des venues éruptives dans d'autres régions telles que le Kaiserstuhl et dans le Massif Central.

Cette hypothèse nous permet de supposer que l'âge des fractures N.27° sensiblement parallèles à celles du fossé rhénan (cf.125) est voisin de l'âge de ces dernières.

Rappelons que la présence d'oligiste et de barytine dans les grès triasiques, la minéralisation de failles affectant le Trias (comme celles du Mont de Vannes, du Magny-de-Fresse) confère aux minéralisations un âge au plus tôt post-triasique, et constitue un élément qui coïncide avec l'hypothèse d'un âge tertiaire.

HISTOIRE GEOLOGIQUE

Dans le contexte géologique des Vosges, la situation de la région étudiée est particulièrement intéressante : entre le granite des Ballons qui affleure à 2 Km au N.E. et les dépôts de couverture de la fin du Primaire et du début du Secondaire, le tout supportant les témoins de l'époque glaciaire, l'étude cartographique et pétrographique de formations géologiques très diverses nous permet de reconstituer les grands traits de l'histoire géologique depuis le Viséen jusqu'au Trias, période marquée par l'orogénie hercynienne.

La chronologie des phases que nous mettons schématiquement en évidence s'insère dans celle plus générale résultant des travaux de synthèse de J. JUNG (1928).

. Dans l'ensemble de la chaîne hercynienne, les Vosges occupent au Dévonien le flanc septentrional du géanticlinal de l'Europe moyenne. Celui-ci sépare le géosynclinal dévono-rhénan au Nord, du géosynclinal méditerranéen au Sud.

. Le démantèlement de la cordillère géanticlinale soulevée progressivement depuis le début du Dinantien par une première phase orogénique produit des dépôts qui comblent les géosynclinaux sous la forme de sédiments schisto-gréseux : le faciès Culm . Situées entre les régions émergées et les grands fonds marins, les Vosges sont soumises à une sédimentation du Culm à caractère littoral à la fin du Dinantien. Le développement des pélites schisteuses que nous avons décrit prouve qu'au Viséen inférieur il existait localement des cuvettes où s'accumulaient des dépôts fins. A cette époque

également se manifestaient un volcanisme important et des épanchements sub-aquatiques ainsi qu'en témoignent l'extension des coulées andésitiques intercalées dans les pélites et la présence de pillow-lavas. Il s'agit là du stade géosynclinal typique d'un cycle orogénique banal.

. Aussitôt après le Viséen inférieur, cette série est fortement plissée par les mouvements orogéniques qui prennent brusquement une allure paroxysmale. Lors du stade de l'orogenèse proprement dite l'activité de magmas acides prend successivement un caractère explosif traduit par les tufs, effusif traduit par les rhyolites en majeure partie sous forme de coulées, puis, avant la fin de l'activité magmatique se terminant, après le Viséen supérieur mais avant le Stéphanien, par un essaimage filonien, les granites se sont mis en place.

C'est durant la période dont le début est sub-contemporain de cette mise en place que se produisent les grandes dislocations varisques.

Les roches basiques dont nous avons étudié les pointements dans les tufs et les rhyolites sont engendrées par un volcanisme orogénique correspondant à l'expulsion vers la surface de magmas hybrides ou syntectiques et même du magma basaltique. Ces manifestations volcaniques sont postérieures aux stades explosifs et effusifs de l'orogenèse, c'est-à-dire qu'elles ont pu débuter lors de la mise en place des granites et durer jusqu'à la fin du Westp alien.

Quant aux roches basiques et acides affleurant dans la série du Viséen inférieur, il est possible de fixer leur mise en place soit avant l'orogenèse, lors du stade très court de la tectogenèse dans lequel elles traduiraient un volcanisme d'avant pays, soit après, c'est-à-dire contemporaine de celle des roches basiques précitées.

. Les mouvements orogéniques paroxysmaux cessent avant le Stéphanien. Les Vosges sont alors émergées et la flore du Stéphanien inférieur se développe dans des bassins limniques tel le bassin de Ronchamp et s'y dépose avec des produits d'abrasion en couches discordantes sur les formations antérieures.

. Mais en même temps que l'évolution climatique vers l'aridité, se manifestent des mouvements posthumes de moindre amplitude traduits par la discordance des dépôts rouges du Permien sur ceux du Stéphanien.

. Ces mouvements ne s'interrompent qu'après le Permien puisque le Trias est discordant sur cet étage. L'abrasion des Vosges hercyniennes permet alors la transgression des dépôts de la fin du Trias inférieur sur la pénéplaine post-hercynienne.

. Les Vosges sont ensuite recouvertes par la suite des terrains secondaires.

. A l'époque tertiaire, les mouvements alpins ont pour effet d'exhumer tous ces dépôts qui sont ensuite en grande partie errodés par la masse imposante des systèmes glaciaires du Quaternaire. La base du Trias à la Montagne de Fresse représente dans la région étudiée le témoin le plus septentrional de la pénéplaine en direction du sommet des Ballons.

Probablement connexes aux phénomènes de soulevements puis d'éffondrements de l'époque tertiaire se sont produites des fractures, en particulier celles qui affectent le Trias au Mont de Vannes et induisent la direction de la vallée de l'Ognon au débouché des terrains primaires. C'est à cette époque et par l'intermédiaire de ces fractures et lors du rejeu de celles préexistantes, que se sont exprimées les venues minéralisatrices, pour la plupart semble-t-il.

CONCLUSION GENERALE

. La réalisation de la carte géologique détaillée au 1/25.000° constitue un élément essentiel de ce travail. La contribution qu'elle apporte à la connaissance géologique de la région est d'autant plus interressante que l'extendion des différents terrains déjà connus ou non, la position et les limites de leurs affleurements sont précisées.

Ainsi sont mis en évidence : la grande extension et la forme des coulées andésitiques interstratifiées dans la série du Viséen inférieur, la puissance des dépôts pyroclastiques et les relations entre les différents types qui les composent, l'importance des rhyolites et le caractère intrusif de leurs affleurements dans les formations précédentes.

L'étude cartographique a d'autre part révélé l'existence de nombreux pointements et filons de roches éruptives variées puisque jusqu'à présent, seuls quelques pointements de microsyénite et de trachyandésite, quelques filons de microgranite et de lamprpphyre étaient signalés dans les travaux intéressant la région.

. L'étude pétrographique montre la diversité de ces roches, tant du point de vue structural que du point de vue minéralogique et chimique. Ceci nous permet de préciser dans une large mesure la nature des magmas qui leur ont donné naissance, leursmodesde mise en place et leur âge.

. L'étude des minéralisations nous permet la mise en évidence de l'importance des fractures mais ne nous permet de déceler en dehors de l'intérêt que pourrait susciter des recherches sur le filon de fluorine des Etroitures de Ternuay, bien peu de possibilités d'exploitations minières. Cependant, l'étude détaillée du gîte du Mont de Vannes révèle la variété des minéraux, précise leur genèse et souligne l'intérêt que peut présenter l'extension de la zone minéralisée par rapport à celle des anciens travaux.

B I B L I O G R A P H I E

——o O o——

ALSAC Cl. - 1959 - Etude pétrographique des pillow-lavas de la pointe de Guilben près de Paimpol (Côtes du Nord). Bull. Soc. Fr. Minér. t. 82, p. 363.

AMEIL M. - 1963 - Les tufs viséens et les microgranites de la région de Manzat (Puy-de-Dôme). D.E.S. Labo. Pétro. Fac. Sc. Paris p. 30 à 53. 90 p. dactylo.

ANDROZ A. et MORRE N. - 1964 - Trachyandésite et microgranite de la Grève. (Haute Saône). Ex. Ann. Sc. Univers. Besançon. 2ème série fasc. 18 , Géol. p. 53 à 58

ANDROZ A. - 1964 - Etude des roches éruptives de la vallée de la Doue de l'Eau entre la Grève et Servance. D.E.S. Fac.Sc. Besançon. 53 p. dactylo.

CAILLAUX A. - 1876 - Tableau général et description des mines métalliques et des combustibles minéraux de la France. Ex. Mém. Soc. Ingénieurs civils. p. 97 à 139.

CARDOT Ch. - 1911 - Le Trias inférieur de la haute vallée de l'Ognon. Ex. Bull. Soc. Belfortaine d'émulation, n° 30.

CORSIN P. - 1941 - Etude des gîtes minéraux de la France. Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine. I Flore Fossile, 4ème asc. L. Danel imprim. Lille, 370 p.

CORSIN P., GAGNY Cl., MATTAUER M. - 1956 - Découverte d'une florule d'âge viséen dans les schistes et grauwackes des environs de Fellering (Haut Rhin). C.R. Ac. Sc., t. 242, p. 1908.

DELEBECQUE M.A. - 1901 - Contribution à l'étude du système glaciaire des Vosges françaises. Bull. Serv. Carte Géol. Fr., n° 79, t. XII, p. 1900 et 1901.

DELESSE A. - 1847 - Porphyre de Ternuay. Bull. Soc. Géol. Fr. 2ème série t. 4, p. 1461 et t. 6, p. 383.

- 1847 - Mémoire sur la constitution minéralogique et chimique des roches des Vosges. Bull. Soc. Géol. Fr. 2ème série t. 4. p. 774 à 825.

DENISE M. et THIEBAUT J. - 1963 - Etude des roches éruptives de la vallée de l'Ognon. Ann. Sc. Univers. Besançon. 2ème série, fasc. 17, Géol. p. 143 à 156.

DUBOIS G. et DUBOIS C. - 1955 - La géologie de l'Alsace. Aperçu général et excursions géologiques. Mém. Serv. Carte Géol. Als. Lor. , n° 13, 310 p.

DURAND G. et JURAIN G. - 1962 - Age des minéraux uranifères des Vosges méridionales. Bull. Soc. Fr. Minér. Crist. Paris., t.85, p. 90 - 91.

FOURQUIN Cl. - 1966 - Caractères pétrographiques des tufs viséens du Puix-Gy (Territoire de Belfort). C.R.S. Soc. Géol. Fr. fasc. 3, p. 134.

- 1966 - Données géologiques précisant l'âge des différentes phases de mise en place du granite du Ballon d'Alsace (Vosges méridionales). C.R. Ac. Sc. Paris, t. 262, p. 1509 à 1512

GRAINDOR M.J. - 1966 - Analyse de cisaillements crustaux dans le socle varisque de la France. C.R. Ac. Sc. t. 262, n° 3, p. 343 - 346.

- 1966 - Directions filoniennes et dislocations majeures du socle varisque de la France. C.R.S. Soc.Géol. Fr. fasc.3. p. 104 - 105.

GRIVEAUX B. - 1964 - Etude géologique du Mont de Vannes (Haute Saône). D.E.S. Fac. Sc. Besançon. 68 p. dactylo.

- 1966 - Sur la présence de pillow-lavas dans les laves dinantiennes de la région de Melisey (Haute Saône). Ann. Sc. Univ. Besançon, 3ème série, fasc. 2, Géol. p. 43-45.

GUERRILLOT J. - 1964 - Les roches éruptives de la haute vallée de l'Ognon entre Ternuay et le Them. D.E.S. Fac. Sc. Besançon, 50 p. dactylo.

GUINTRAND Y. - 1963 - Contribution à l'étude géologique de la région de Faucogney-et-la-Mer (Haute Saône). Thèse 3ème Cycle, Fac. Sc. Besançon, 110 p. dactylo.

HESS H.H. - 1949 - Chemical composition and optical properties of common clinopyroxenes. P.I. Amer. Miner., vol. 34, p. 621.

JEREMINE E. - 1932 - Sur quelques roches éruptives des Vosges méridionales. Bull. Soc. Géol. Fr., 5ème série, t. II, fasc. 8-9, p. 595 - 603.

JOHANSEN A. - 1937 - A descriptive petrography of the igneous rocks. vol. II : the intermediate rocks. 360 p. fifth impression : 1957. The University of Chicago Press.

JONGMANS W.J., HEERLEN - 1960 - Die karbonflora der Schweiz. Matériaux pour la carte Géol. Suisse. Neue Folge, 108. Lieferung. 97 p.

JUNG J. - 1928 - Contribution à la géologie des Vosges hercyniennes d'Alsace. Mém. Serv. Carte Géol. Als. Lor. n° 2 - 481 p.

- 1958 - Compte rendu de l'excursion dans les Vosges. Bull. Soc. Fr. Minér. Crist. t. LXXXI, p. 231 - 238.

- 1958 - Précis de pétrographie. Roches sédimentaires, métamorphiques et éruptives. Masson éditeur, 314 p.

JUNG J. et BROUSSE R. - 1959 - Classification modale des roches éruptives utilisant les données fournies par le compteur à point. Masson éditeur, 122 p.

KARPINSKI R.W. - 1931 - Contribution à l'étude métallogénique des Vosges méridionales. Thèse Fac. Sc. Nancy. 142 p.

KIPFEL R. - 1959 - Etudes des roches filoniennes acides au Sud et à l'Est de Ste-Marie-aux-Mines (Haut Rhin). D.E.S. Fac. Sc. Strasbourg.

LACROIX A. - 1913 - Minéralogie de la France et de ses anciens territoires d'Outre Mer. Lamarre Edit. 5 t. et Librairie A. BLANCHARD 2ème édit. 1962, 6 t.

MATHIEU G. - 1950 - Révision de la flore carbonifère de la Lorraine. Notions sur l'altitude des bassins houillers du Stéphanien entre Sarre et Mésogée. Ex. de Géol. Appl. et Prospec. Min. t. II, 1949, n° 1, 32 p.

- 1950 - Sur l'existence de deux zones de végétation dans le bassin houiller de Ronchamp (Haute Saône). Ex. C.R.Ac.Sc. t.230, p. 1418 - 1420.

MATTAUER M. et THEOBALD N. - 1957 - Présence de Lépidostrobus Browni (Unger) Schimper dans le Dinantien de la haute vallée de la Thur. Bull. Serv. Carte Géol. Als. Lor. t. 10, fasc. 2 p. 133

MATTAUER M. - 1959 - Découverte d'une faune viséenne près de Rimbach (Vosges méridionales). C.R. Ac.Sc. t. 248, p. 433.

METAIS D., RAVIER J. et PHAN KIEN DUONG - 1962 - Nature et composition chimique des micas de deux lamprophyres. Bull. Soc. Fr. Minér. Crist. t. LXXXV, n° 4, p. 321 - 328.

MEYER L. - 1910 - Excursion minéralogique et géologique de la section des Sciences, octobre 1909. Ex. Bull. Soc. Belfortaine d'émulation n° 29, 10 p.

MICHEL-LEVY A.L. - 1910 - Analogie des terrains primaires du Sud des Vosges et de ceux du Morvan. Bull. Soc. Géol. Fr. 4ème série, t. X, fasc. 8, 855 p. , p. 816-828.

- 1935 - Feuille géologique de Lure. 2ème édit.

MUIR I.D. - 1951 - The clinopyroxene of the Skaergaard intrusion, Eastern Greenland. Miner. Magazine, vol. 29, p. 690.

POLDEVAART A. et HESS H.H. - 1951 - Pyroxenes in the cristallization of basaltic magma. Journ. Geol., vol. 59, p. 472.

RITTMANN A. - 1963 - Les volcans et leur activité. Edit. française. Masson édit., 461 p.

ROSS C.S. et SMITH R.L. - 1961 - Ash-flow tuffs : their origin. Geologic relations and identification. Geol. survey. Prof. Paper, n° 366, 81 p.

RUHLAND M. - 1959 - Une dislocation majeure du socle vosgien dans la haute vallée de l'Ognon. Bull. Serv. Carte Géol. Als. Lor., t. 12, fasc. 2, p. 61 - 64.

THEOBALD N. - 1951 - Stratigraphie et paléogéographie du Buntsandstein dans le S.W. de l'Allemagne et le N.E. de la France. B.S. d'Hist. Nat. de la Moselle, 3ème série, t. XIII, 36ème cahier.

- 1955 - Dépôts fluvioglaciaires du Rahin. Ann. Sc. Univers. Besançon, 2ème série, Géol, fasc. 3, p. 3-8.

THEOBALD N. et THIEBAUT J. - 1961 - Présence du Permien au S.W. de Melisey (Haute Saône). Ann. Sc. Univers. Besançon, 2ème série Géol., fasc. 14, p. 189 - 191.

THEOBALD N., BERNARD C., DUGUET J. et GOUDOT J.M. - 1963 - Géologie des environs de Luxeuil-les-Bains (Haute Saône). Ann. Sc. Univers. Besançon, 2ème série, Géol., fasc. 17, p. 115 - 141.

THIEBAUT J., BULLE J., et MORRE N. - 1961 - Le gîte de fluorine de Rupt-sur-Moselle, dans les Vosges méridionales. Ex. C.R.S. Soc. Géol. Fr. n° 8, p. 225 - 226.

THIEBAUT J., METAIS D., GUINTRAND Y. - 1963 - Sur une roche de nature Lamprophyrique dans la région de St. Bresson (Haute Saône) Ex. Bull. Soc. Géol. Fr. 7ème série, t. V, p. 16 - 19.

THIRRIA M.E. - 1833 - Statistique minéralogique et géologique du département de la Haute Saône. Outhenin et Chalandre fils imprim. Besançon, 465 p.

VELAIN Ch. - 1883 - Recherches dans la région méridionale des Vosges. Bull. Soc. Géol. Fr. 3ème série, t. XI, p. 512 - 513.

- 1885 - Le Permien dans la région des Vosges. Les roches basaltiques de la Côte d'Essey (néphélinite, labradorite, basalte). Ex. Bull. Soc. Géol. Fr. 3ème série, t. XIII, p. 536 - 580.

VELAIN Ch. et MICHEL-LEVY A.L. - 1910 - Compte-rendu des Collaborateurs pour la campagne de 1910 de la feuille de Lure. Bull. Serv. Carte Géol. Fr., t. XXI, n° 128, p. 50 - 58.

VON ELLER J.P. et WEIL R. - 1962 - Les gîtes métallifères de la région de Ste-Marie-aux-Mines (Haut Rhin). Bull. Serv. Carte Géol. Als. Lor., t. 15, fasc. 2, p. 69 - 80.

ZARAYAN S. - 1959 - Description pétrographique des granites et roches associées des environs de Château-Lambert (Vosges méridionales). Thèse d'Université, fac. Sc. Paris. 57 p. dactylo.

TABLE DES MATIERES

----- oOo -----

INTRODUCTION 1

Chapitre I - GEOLOGIE REGIONALE 4

Introduction 4

A - LA SERIE DEVONO-DINANTIENNE 6

1°) - Les pélites 6

2°) - Les roches vertes 9

3°) - Les roches intrusives 11

4°) - La bordure sédimentaire 17

B - LA REGION INTERMEDIAIRE 20

1°) - Les tufs :..... 20

a) Premier type 20

b) Second type 21

c) Troisième type 24

2°)-Les roches rouges 27

3°)-Les roches filoniennes et les pointements 28

a) Les roches de la vallée du ruisseau de la Caleuche 29

b) La zone de la Folleterre 30

C - LA DEUXIEME UNITE : LES ROCHES ROUGES 34

1°) - Les rhyolites 34

2°) - Les roches filoniennes et les pointements 38

a) Les microgranites 38

b) Les trachyandésites 41

c) La microsyénite 42

d) Le lamprophyre 43

e) Le granite à grain fin 43

f) Les tufs 44

CONCLUSION DU CHAPITRE I 45

CHAPITRE II - ETUDE PETROGRAPHIQUE DES DIFFERENTES FORMATIONS... 48

A - LA SERIE VOLCANO-DETRITIQUE 48

1°) - Les pélites schisteuses, grèseuses, les grauwackes 48

2°) - Les roches vertes et les pillow-lavas 49

B - LES TUFS 60

1°) - Les tufs à cristaux 61

2°) - Les tufs lithiques à lapilli 65

3°) - Les tufs lithiques à blocs 67

4°) - Conclusion 68

C - LES ROCHES ROUGES 70

D - LES ROCHES DE POINTEMENTS ET LES ROCHES FILONIENNES .. 76

1°) - Les roches de pointements et de petits massifs 76

a) Le microgranite albitique 76

b) La syénite albitique 78

c) La microsyénite alcaline 82

d) La microsyénite à pyroxène 86

e) Les trachyandésites à pyroxène 89

f) L'andésite 90

g) La labradorite 93

2°) - Les roches filoniennes 98

LES MICROGRANITES 98

a) Les microgranites à phénocristaux de quartz 98

b) Les microgranites pauvres en phénocristaux de quartz 100

c) Le microgranite à amphibole du Mont Cornu ... 101

LES LAMPROPHYRES 107

a) La minette à structure fasciculée 107

b) La minette à structure finement grenue 110

E - LES ROCHES SEDIMENTAIRES DISCORDANTES 115

1°) - Les dépôts carbonifères 115

a) La coupe du ruisseau de Mourière 115

b) La coupe de la Tançon..... 120

2°) - Le Trias 121

3°) - Les dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires 123

Chapitre III - ETUDE METALLOGENIQUE ET TECTONIQUE 127

ETUDE METALLOGENIQUE 127

A - LES MINERALISATIONS DU MONT DE VANNES 127

Indices de failles 128

1°) - Environs des granges du Mont de Vannes 128

2°) - Région du Raddon 129

3°) - Conclusion 130

Le gîte métallifère du Mont de Vannes 130

Le gîte métallifère du Magny-de-Fresse..... 134

Conclusion A 135

B - LES MINERALISATIONS DANS LA REGION DE TERNUAY 135

1°) - La zone minéralisée du Mont Jean 136

2°) - La zone minéralisée du Bois Georges 137

3°) - Le filon des Etroitures de Ternuay 139

C - LES MINERALISATIONS DANS LA REGION DE LA GREVE 141

1°) - Le gisement de l'Envers de la Grève 141

2°) - La zone minéralisée des Communaux d'Aval ... 143

Conclusion B et C 145

ETUDE TECTONIQUE 146

A - INCIDENCES STRUCTURALES DES FAILLES 146

1°) - Incidences structurales et topographiques de la famille de fractures N 27° et 105°E 147

2°) – Incidences structurales et topographiques de la famille de fractures N 65° et 143° E 148

3°) – Diagramme de direction des fractures 148

B – RELATION ENTRE LES DIRECTIONS FILONIENNES ET LES DISLOCATIONS 150

1°) – Les filons de quartz 150

2°) – Les filons de lamprophyre 151

3°) – Les filons de microgranite 151

C – AGE DES FRACTURES ET DE LEURS MINERALISATIONS 151

HISTOIRE GEOLOGIQUE 156

CONCLUSION GENERALE 159

BIBLIOGRAPHIE 160

TABLE DES PLANCHES

TABLE DES ANALYSES CHIMIQUES

TABLE DES PLANCHES

----- oOo -----

	Planches	Pages
Plan de situation géographique	I	0 - 1
Plan de situation géologique	II	2 - 3
Coupe géologique au 1/25.000ème	III	47 - 48
Détermination des pyroxènes	IV A-IV B	97 - 98
Diagramme de KOUPLETSKI	V	111 -112
Coupe du ruisseau de Mourière	VI-A	116 -117
Coupe de la Tançon	VI-B	120 -121
Les minéralisations du Mont de Vannes	VII	126 -127
Diagrammes de direction.....	VIII	150 -151
Carte géologique au 1/25.000ème		(hors texte)

TABLE DES ANALYSES CHIMIQUES

----- oOo -----

	Tableaux	Pages
Analyses chimiques des roches vertes et des pillow-lavas	I	57
Analyses chimiques des roches rouges	II	74
Analyse chimique de la syénite albitique	III	81
Analyse chimique de la microsyénite alcaline	IV	85
Analyse chimique de la microsyénite à pyroxène	V	88
Analyse chimique de la labradorite	VI	97
Analyses chimiques des microgranites.....	VII	105
Analyses chimiques des lamprophyres	VIII	113